ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปรียบเทียบสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในการปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT

The comparison of various sarans on growth of Daitokyo Bekana as grown In Dynamic Root Floating Technique system

โดย

นายปรัชญา เทียนสงค์

นางสาววันวิสาข์ สกุลเดชรัตนะ

T102894

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....102894

วัน,เดือน,ปี.....20 ส.ค. 2552

เสนอ

ภาควิชาเทคนิคเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

พ.ศ. 2550

.b.....

.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคนิคเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

เรื่อง

การเปรียบเทียบสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในการปลูก
ผักกาดขาวไดโตเกียวโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT

The comparison of various sarans on growth of Daitokyo Bekana as grown In
Dynamic Root Floating Technique system

โดย

นายปรัชญา เทียนสงค์

นางสาววันวิสาข์ สกุลเดชรัตนะ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วท.บ. (พัฒนาการเกษตร)

เมื่อวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ .....

(รศ.อภิชาต ศรีสันติธรรม)

กรรมการปัญหาพิเศษ .....

(อ.บุรินทร์ บุญธรรม)

หัวหน้าภาควิชาฯ .....

(ผศ.ดร. สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การเปรียบเทียบสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในการปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ : The comparison of various sarans on growth of Daitokyo Bekana as grown In Dynamic Root Floating Technique system

โดย : นาย ปรัชญา เทียนสงค์
นางสาว วันวิสาข์ สกุลเดชรัตนะ

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต (พัฒนาการเกษตร)

สาขาวิชาเอก : พัฒนาการเกษตร

ประธานกรรมการปัญหาพิเศษ : .....

(รศ.อภิชาต ศรีสันติธรรม)

๒๓ พ.ค. / ๒๕๕๑

การศึกษาเปรียบเทียบสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในการปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 3 วิธีการ วิธีการละ 4 ซ้ำ ได้แก่การปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% สีเขียว 50% และในโรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสง ทำการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 ผลปรากฏว่า ผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50 % มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.57 กรัม/ต้น รองลงไปคือผักที่ปลูกในโรงเรือนที่พรางแสงด้วยตาข่ายแสงชนิดสีดำ 50% มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 2.29 กรัม/ต้น และผักที่ปลูกในโรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสงมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 2.13 กรัม/ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ในการศึกษาเปรียบเทียบสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในการปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT ซึ่งการศึกษาและทดลองครั้งนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ รศ.อภิชาต ศรีสันติธรรม และอาจารย์ บุรินทร์ บุญธรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษเป็นอย่างสูง ที่ได้เสียสละเวลากรุณาให้คำชี้แนะ ตรวจสอบและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งประสบผลสำเร็จลงได้ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาฯทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อบรมสั่งสอนวิทยาการต่างๆให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณพี่นาวี จิระชีวี และเจ้าหน้าที่พนักงานทุกคนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ฝ่ายพัฒนาพื้นที่เกษตร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ในการทดลอง และให้คำแนะนำจนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษเรื่อยมา

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ภาควิชาเทคนิคเกษตรรุ่น17 ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ หากขาดบุคคลที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามในที่นี้มาเป็นส่วนช่วยเหลือ ดังนั้นจึงใคร่ขอแสดงความขอบพระคุณ ขอบคุณ มา ณ ที่นี้อีกครั้ง

นายปรัชญา เทียนสงค์

นางสาววันวิสาข์ สกุลเดชรัตนะ

พฤษภาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(I)
สารบัญภาพ	(II)
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	
ความสำคัญของปัญหา (Statement of Problem)	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา (Objectives of the Study)	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expect Result)	2
ขอบเขตของการศึกษา (Scope of the Study)	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร (Review of Related Literature)	
นิยามและความหมาย	3
การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในต่างประเทศ	3
การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในประเทศไทย	5
ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์	7
ข้อจำกัดของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์	9
ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์	10
ธาตุอาหารของพืชไฮโดรโปนิกส์	16
การจัดการค่า pH ของสารละลาย	20
การจัดการค่า EC ของสารละลาย ค่า EC (electrical conductivity)	21
วัสดุและภาชนะปลูก	25
ประโยชน์ของการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ต่อการเกษตรไทยในอนาคต	27
เงื่อนไขในการผลิตพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เชิงพาณิชย์	29
การศึกษาวิจัย	31
บทที่ 3 วิธีการวิจัย (Research Methodologies)	
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	36
การวางแผนการทดลอง	37
วิธีการทดลอง	37
การเก็บข้อมูล	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล (Findings and Results)

ผลการทดลอง 39

วิจารณ์ผลการทดลอง 44

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ (*Conclusions and Recommendations*)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1.1 คุณภาพของน้ำที่สามารถนำมาปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ 13

ตารางผนวกที่

1 แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวไดโตเกียว (กรัม/ต้น) ที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 50

2 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างน้ำหนักสดต่อต้นของผักกาดขาวไดโตเกียว (กรัม/ต้น) ที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 50

3 แสดงอุณหภูมิ (° C) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 51

4 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิ (° C) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 51

5 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 52

6 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 52

7 แสดงค่าความส่องสว่างของแสง (lux) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 53

8 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความส่องสว่างของแสง (lux) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 53

9 แสดงค่าปริมาณความเข้มแสงที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ ($Mol.m^{-2}d^{-1}$) ภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 54

10 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ ($Mol.m^{-2}d^{-1}$) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

3.1 โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง 18

3.2 อุปกรณ์ควบคุมสารละลาย 19

3.3 หัวสเปรย์น้ำใช้แรงดัน 19

3.4 ระบบปลูกแบบ DRFT 21

4.1 กราฟแสดงน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกาดขาวไดโตเกียวของแต่ละวิธีการ 39

4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ 40

4.3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ 41

4.4 กราฟแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ 42

4.5 กราฟแสดงความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ 43

ภาพผนวกที่

1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวเมื่ออายุ 1 สัปดาห์ 55

2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวเมื่ออายุ 3 สัปดาห์ 56

3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวก่อนเก็บเกี่ยว 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

ความสำคัญของปัญหา (Statement of Problem)

ปัจจุบันธุรกิจการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้ประกอบการที่ให้ความสนใจ สามารถสร้างรายได้ที่มั่นคงให้แก่ผู้ประกอบการทั้งรายใหญ่และรายย่อย ผลผลิตสามารถขายได้ทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคมีความรู้และให้ความสำคัญกับการเลือกผลผลิตที่มีคุณภาพ ปลอดภัยต่อสุขภาพ ซึ่งทำให้ปริมาณความต้องการของผลผลิตที่ปลอดภัยจากสารเคมีอันตราย เช่น สารเคมีกำจัดแมลง เป็นต้น มีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นธุรกิจการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของประเทศไทย จึงมีโอกาสที่จะขยายตัว สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบไฮโดรโปนิกส์ มีรูปแบบการปลูกอยู่หลายวิธี ระบบหรือเทคนิคการปลูกแบบ DRFT (Dynamic Root Floating Hydroponics Technique) ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งในนั้นกล่าวคือ ระบบนี้เป็นการปลูกแบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก การปลูกมีทั้งในโรงเรือนขนาดเล็กและโรงเรือนขนาดใหญ่

เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างร้อนเป็นส่วนใหญ่ ไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชได้ทุกชนิด ทำให้พืชเจริญเติบโตช้าหรือตายได้ จึงสร้างปัญหาการผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ ในฤดูกาลที่มีสภาพอากาศร้อน ส่งผลให้เกษตรกรที่ประกอบการโรงเรือนขนาดเล็กมีผลผลิตลดลงและขาดทุน การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์) ระบบ DRFT สำหรับโรงเรือนขนาดเล็กจะใช้ตาข่ายพรางแสงเป็นวัสดุในการพรางแสง เพื่อลดระดับความเข้มของแสงให้เหมาะสมกับพืชภายในโรงเรือน และตาข่ายพรางแสงที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น ตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว หรือจะเป็นตาข่ายพรางแสงอะลูมิเนต ซึ่งแต่ละชนิดมีราคาที่แตกต่างกัน

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ควรมีการปรับปรุงแก้ไขและศึกษาเพิ่มเติมในความเหมาะสมของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบ DRFT โรงเรือนขนาดเล็ก โดยมีการศึกษา ชนิดของสีตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมเพื่อลดความเข้มของแสงให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการศึกษาชนิดของสีตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในระบบ DRFT โรงเรือนขนาดเล็ก จะช่วยเพิ่มผลผลิตของผักไฮโดรโปนิกส์ในสภาพอากาศร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา (Objectives of the Study)

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของชนิดของสีตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียวในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expect Result)

ภายหลังเสร็จสิ้นการศึกษา คาดว่าจะได้ชนิดของสีตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียว นอกจากนี้ยังทราบถึงข้อมูล ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานวิจัย โรงงานผู้ผลิต หรือผู้ที่สนใจ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินต่อไป

ขอบเขตของการศึกษา (Scope of the Study)

ทำการเก็บข้อมูลและทดลองที่โรงเรือนขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 7.2 เมตร ระบบการปลูก DRFT มีช่องเปิดระบายอากาศด้านบนหลังคา มีตาข่ายกันแมลงปิดรอบทั้ง 4 ด้าน มีชุดพ่นหมอกระบายความร้อน จำนวน 3 โรงเรือน ตั้งอยู่บริเวณลานคอนกรีต ด้านหน้าฝ่ายพัฒนาพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร บางเขน โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 รวมทั้งหมดเป็นระยะเวลา 4 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร
(Review of Related Literature)

1. นิยามและความหมาย

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินช่วยให้หลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องโรคต่างๆที่เกิดขึ้นในดิน ทำให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพ ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สามารถวางแผนการปลูกได้ กำหนดปริมาณการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมาย หรือความต้องการของตลาดได้ดีกว่า เทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโปนิกส์เป็นเทคนิคการปลูกพืชรูปแบบหนึ่งโดยไม่ใช้ดิน แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้น เริ่มมีขึ้นเมื่อประมาณ 400 ปีก่อน

ปัจจุบันการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์มีเทคนิคที่คิดค้นใหม่หลากหลายรูปแบบ ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการปลูกพืชในน้ำ (Water culture) เท่านั้น บางกรณีมีการใช้วัสดุปลูก (substrate) ทดแทนดินทั้งหมดและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งเรียกว่า ซับส์เทรต คัลเจอร์ (substrate culture) หรือมีเดีย คัลเจอร์ (media culture) หรือแอกกรีเกตไฮโดรพอนิกส์ (aggregate *hydroponics*) เทคนิคดังกล่าวนิยมเรียกว่า การปลูกโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชไร้ดิน (soilless culture) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเทคนิคการปลูกพืชในน้ำ หรือการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกส์รูปแบบอื่นๆ บางครั้งอาจเรียกรวมกันว่า soilless culture แทนคำว่า hydroponics

2. การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในต่างประเทศ

2.1 ประเทศไต้หวัน

มีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 โดยเริ่มจากการปลูกพืชในกรวด เช่นเดียวกับญี่ปุ่น ในปี 2527 เริ่มมีการปลูกพืชในน้ำ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ขึ้นหลายเทคนิค แต่ที่แพร่หลายมากที่สุดคือ ระบบน้ำลึก (deep water) และ NFT อ้างอิงจาก ดิเรก ทองอร่าม (2542)

อย่างไรก็ตามทั้งสองวิธีนี้ยังมีจุดอ่อน โดยที่ในฤดูร้อนซึ่งอากาศจะแปรปรวนมาก ระบบน้ำลึกมักได้รับปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของรากพืช แม้จะมีการใช้ปั๊มเพิ่มออกซิเจนแล้วก็ตาม ส่วนระบบ NFT มีปัญหาในเรื่องความแตกต่างของอุณหภูมิในสารละลาย จึงได้มีการปรับปรุงและพัฒนาระบบของไต้หวันขึ้นเอง จนสามารถได้ระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์อีกหนึ่งรูปแบบ คือระบบ dynamic root floating Hydroponics Technique (DRFT) ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่สามารถลดความร้อนที่สะสมในเรือนกระจกได้ และมีระบบจัดหาอากาศให้รากอย่างพอเพียง ปัจจุบันมีการใช้ระบบปลูกนี้กันอย่างแพร่หลายในไต้หวัน ระบบ DRFT ของไต้หวันนี้มีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้ (อิทธิสุนทร, 2542ก)

2.1.1 โรงเรือนปลูกพืชมีโครงทำจากท่อเหล็กส่งน้ำขนาด 0.5 และ 0.75 นิ้ว ขนาดโรงเรือนกว้าง 2.13 เมตร สูง 2.1 เมตร ความยาวไม่จำกัด ด้านบนบุด้วยแผ่นพลาสติก PVC ทนแสง UV ด้านข้างบุด้วยตาข่ายพลาสติกกันแมลงและลม ถ้าแสงมากจะพลางแสงด้วยตาข่ายพลางแสงสีดำ พลางแสงได้ร้อยละ 24-30

2.1.2 ถาดปลูกพืช ทำจากโฟมขนาดกว้าง 2.01 เมตร ยาว 0.90 เมตร สูง 0.15 เมตร ขึ้นรูปเป็นรางขนาดเล็กให้สารละลายไหล จำนวน 9 ราง ถาดปลูกพืชจะต่อกันออกด้านข้างยาวออกได้ตามจำนวนที่ต้องการ เมื่อใช้ปลูกจะบุภายในด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ ด้านบนปิดด้วยแผ่นโฟมเจาะรูเป็นรอยเว้าเข้าจำนวน 80 รู เพื่อเป็นรูปลูกพืช

2.1.3. อุปกรณ์ปรับระดับสารละลายในถาดปลูกพืช (nutrient level adjuster) ทำหน้าที่ปรับระดับความสูงของสารละลายในถาดปลูกพืช จะปรับตามอายุพืช เมื่อพืชต้นเล็กสารละลายจะสูง เพื่อให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำสารละลาย เมื่อพืชโตขึ้นสารละลายจะลดลง ให้เกิดช่องว่างระหว่างต้นพืชและสารละลาย เพื่อกระตุ้นให้เกิดรากดูดอากาศ อุปกรณ์นี้อยู่ในถาดที่รับสารละลายจากถาดปลูกพืชที่อยู่ระดับเดียวกัน และมีท่อ PVC ความสูงต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนความสูงได้เพื่อควบคุมระดับความสูงของสารละลายที่จะไหลลงสู่ถังเก็บสารละลาย ระดับสารละลายในถาดสามารถปรับได้ตั้งแต่ 0-8 เซนติเมตร

2.1.4. อุปกรณ์เพิ่มการละลายของอากาศ (aspirator) จะติดตั้งอยู่ระหว่างปั๊มน้ำและท่อนำสารละลายสู่ถาดปลูกพืช อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยใบพัดขนาดเล็กอยู่ภายใน มีรูเล็กๆ 2 รูให้อากาศเข้าได้ เมื่อสารละลายไหลผ่าน ใบพัดจะหมุนและตีให้เกิดฟองอากาศ เป็นการเพิ่มการละลายของอากาศในสารละลาย สารละลายนี้จะไหลไปยังท่อนำสารละลายสู่ด้านบนของถาดปลูกพืช ท่อนำสารละลายมีขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะรูขนาดเล็กๆ เพื่อให้สารละลายไหลสู่แต่ละรางของถาดปลูกพืช

ความถี่ในการปั๊มสารละลายในระบบจะควบคุมโดยเครื่องตั้งเวลา โดยมีรอบการหมุนเวียน คือ ในช่วงกลางวัน ปั๊มทำงาน 6 นาที หยุด 24 นาที ส่วนกลางคืน ปั๊มทำงาน 6 นาที หยุด 174 นาที การหมุนเวียนสารละลายเป็นระบบปิด โดยเริ่มจากปั๊มสารละลายจากถังเก็บสารละลายผ่าน aspirator เพื่อเพิ่มอากาศ และผ่านไปยังท่อนำสารละลายในถาดปลูกแล้วพ่นสู่รางออกสู่ปลายรางไปสู่ถาดปรับระดับสารละลายแล้วไหลกลับสู่ถังสารละลายอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาและวิจัยด้านไฮโดรโปนิกส์ในอีกหลายๆประเทศ ดังจะยกตัวอย่างต่อไปนี้ (ทีเอบี)

2.2 ประเทศเกาหลีใต้

การศึกษาวิจัยด้านไฮโดรโปนิกส์จะเน้นในเรื่องการพัฒนาเทคนิคการผลิตพืชผักโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศ เพื่อผลิตผักในเชิงพาณิชย์ ทำให้พื้นที่การผลิตพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในเกาหลีใต้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี 1980 เป็นต้นมา เทคนิคที่ใช้มีทั้ง deep flow technique (DFT) nutrient flow technique (NFT) และ aeroponics ร้อยละ 55 ของพืชผักที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เป็นผักกาดหอม ร้อยละ 16 เป็นแตงกวา ร้อยละ 13 เป็นมะเขือเทศ และร้อยละ 16 เป็นพืชผักอื่นๆ (บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนาจำกัด, 2540)

2.3 ประเทศมาเลเซีย

มีการวิจัยพบว่าการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ต้องลงทุนสูง แต่ระบบเปิด และระบบปิดเทคนิค NFT มีแนวโน้มที่จะนำมาปรับใช้ได้ ในภายหลังการขยายชุมชนเมือง ทำให้พื้นที่ทำเกษตรกรรมลดลงถึงร้อยละ 50 ไม่สามารถขยายพื้นที่ปลูกด้วยการปลูกพืชบนดินได้ ระบบ NFT จึงถูกนำมาใช้เพราะเป็นการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ที่ลงทุนต่ำและปลูกพืชอายุสั้นได้ดี (บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนาจำกัด, 2540)

2.4 ประเทศอินโดนีเซีย

แม้ว่าการผลิตพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์จะลงทุนสูง แต่ก็มีการขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากมีตลาดของผู้มีรายได้สูง ซึ่งต้องการบริโภคผลผลิตที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่องตลอดปี สำหรับประเทศอินโดนีเซีย การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ยังจำกัดอยู่ในระดับงานวิจัยเท่านั้น แต่มีความเป็นไปได้ที่อนาคตจะพัฒนาวิธีไฮโดรโปนิกส์มาใช้ปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ เป็นการค้า (บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนาจำกัด, 2540)

3. การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยเพิ่งมีการปลูกพืชด้วยวิธีนี้เป็นการพาณิชย์มาไม่นาน และยังไม่แพร่หลายมาก แต่ในระดับงานวิจัยได้มีการศึกษาค้นคว้ากันมากว่า 30 ปีแล้ว มีผู้ริเริ่มปลูกเป็นการค้าจริงๆ ที่ตำบลนาดี อำเภอทุ่มกระแบน จังหวัดสมุทรสาคร เมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยชาวไต้หวันเป็นผู้นำเทคโนโลยีนี้เข้ามาแนะนำ โดยเริ่มด้วยการเน้นปลูกผักที่มีราคาแพง ปลูกโดยไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จัดเป็นผักอนามัยปลอดภัยจากสารพิษ เจ้าของสวนให้ชื่อว่า “ผักลอยฟ้า” หลังจากนั้น เทคโนโลยีนี้จึงได้ขยายผลไปยังผู้ประกอบการรายอื่นๆ แต่ก็นับว่าได้ใช้เวลาเกือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 ปี กว่าเทคโนโลยีจะแพร่หลาย แต่สำหรับการวิจัยเริ่มแรกทำการทดสอบกับพืชผักหลายชนิดที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าเทคนิคปลูกในสารละลายแบบน้ำลึก (liquid culture, deep water) ประสบความสำเร็จน่าพอใจ แต่ระบบให้น้ำไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นบางๆ (nutrient film technique, NFT) ในขณะนั้นยังต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา (มนูญ ศิรินุพงศ์ (2544).)

ในระยะ 10 ปีนี้มีการวิจัยในหลายสถาบัน เช่น ระหว่างปี 2530-2535 ได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ณ พระราชวังสวนจิตรลดา เพื่อจะได้นำเทคนิคนี้ไปใช้ในการปลูกพืชในพื้นที่ที่ดินมีปัญหาในการเพาะปลูก การปลูกพืชใช้ระบบวัสดุปลูกรดด้วยน้ำสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้กระบะบรรจุสารละลายธาตุอาหารเป็นแปลงปลูก พบว่าสามารถปลูกพืชได้หลายชนิด เช่น พืชผัก ได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง กะหล่ำดอก ผักกาดหัว ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน ผักกาดหอม คื่นฉ่าย ผักชี หอมแบ่ง มะเขือ มะเขือเทศ แตงเทศ ไม้ดอก ได้แก่ ดาวเรือง บานชื่น พิทูเนีย กุหลาบ และไม้ประดับ เช่น โกสน หมากผู้หมากเมีย สาวน้อยประแป้ง ไผ่ฟิลิปปินส์ ซึ่งผลจากการวิจัยได้มีผู้สนใจนำไปปรับใช้ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าจนถึงปัจจุบัน

ด้านกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ก็ได้มีการทดลองปลูกพืชผักหลายชนิด เช่น ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดขาวปลี ผักกาดฮ่องเต้ และผักกาดหัว โดยใช้สารเคมีสูตร Hoagland แต่เติมโซเดียม และใช้เหล็ก EDTA เป็นสารให้ธาตุเหล็ก ทำการปลูกในถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษเพื่อลดอุณหภูมิ และใช้แผ่นโฟม รองด้วยผ้าพลาสติกกันน้ำออก มีการให้ก๊าซออกซิเจนด้วยปั๊มอากาศ และหมั่นดูแลไม่ให้น้ำยาแห้ง

สถาบันที่มีการวิจัยการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2526 คือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาถึงขั้นจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณปริมาณธาตุอาหาร ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช (อิทธิสุนทร, 2541) และดัดแปลงระบบที่ใช้อยู่เป็นระบบขนาดเล็กเพื่อปลูกพืชผัก

สวนครัวหรือไม้ดอกไม้ประดับเป็นงานอดิเรก (อิทธิสุนทร, 2550) เมื่อมีการตื่นตัวเรื่องการผลิตผักปลอดภัยจากสารพิษ บริษัทเจริญโภคภัณฑ์ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผักปลอดภัยจากสารพิษโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้เทคนิคนี้ควบคู่กับระบบโรงเรือน แต่ในที่สุดก็ไม่ได้นำเทคโนโลยีนี้มาใช้ เอกชนอีกรายที่ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาเทคนิคการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย เนื่องจากเห็นว่าเป็นวิธีการปลูกพืชที่จำเป็นในอนาคต คือบริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนา จำกัด ดำเนินการที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะหลังได้มีการนำการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์มาปลูกพืชผักเป็นการค้ากันบ้างแล้วในประเทศไทย โดยระบบที่นำมาใช้กันแพร่หลายมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบ NFT ซึ่งเป็นระบบสำเร็จรูปที่นำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย และระบบสารละลายหมุนเวียนชนิดไม่เติมอากาศซึ่งศึกษาและพัฒนาขึ้น ณ พระราชวังสวนจิตรลดา

4. ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการปลูกพืชโดยใช้หลักวิชาการแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่โดยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุปลูก พืชสามารถเจริญเติบโตได้โดยอาศัยธาตุอาหารต่างๆ ที่ละลายลงในน้ำเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ซึ่งวิธีการนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น

4.1 สามารถปลูกพืชได้ต่อเนื่องตลอดปี

เมื่อเก็บผลผลิตผักแล้วสามารถปลูกพืชผักรุ่นต่อไปได้ทันที เนื่องจากไม่ได้ปลูกพืชลงดินจึงไม่ต้องทิ้งระยะเวลาเพื่อทำการพักดิน ตากดิน กำจัดวัชพืช และเตรียมแปลงปลูกใหม่ การปลูกพืชในดินต่อเนื่องเป็นเวลานานยังทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมสภาพ แต่การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์สามารถปลูกพืชต่อเนื่องได้โดยไม่ต้องกลัวปัญหานี้ เนื่องจากแหล่งอาหารของพืชไม่ได้มาจากดิน แต่มาจากธาตุอาหารต่างๆ ที่ให้ทางสารละลายธาตุอาหาร นอกจากนั้นการปลูกพืชด้วยเทคนิคนี้ไม่ขึ้นกับฤดูกาล เพราะมีการควบคุมสภาพแวดล้อม จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลูกได้ต่อเนื่องตลอดปี อ้างอิงจาก พายัพ ยังปักษี (2543)

4.2 สามารถปลูกพืชได้ในที่ที่ไม่มีพื้นที่สำหรับปลูกพืช

การอาศัยอยู่ในชุมชนเมืองซึ่งที่ดินมีราคาแพง ผู้อยู่อาศัยในที่ที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ อาคารชุด และหอพัก ไม่มีพื้นที่สำหรับปลูกพืช สามารถปลูกพืชผักสวนครัว สมุนไพร หรือไม้ดอกไม้ประดับ ได้โดยใช้ระบบไฮโดรโปนิกส์ขนาดเล็กวางบริเวณพื้นที่ว่างที่มีอยู่เล็กน้อย เช่น ริมหน้าต่าง ทางเดิน ดาดฟ้า พื้นที่เล็กๆ หลังบ้าน

4.3 สามารถปลูกพืชในที่ที่ดินไม่เหมาะสม

ในบางพื้นที่มีพื้นที่อยู่มากมาย แต่ใช้ทำการเพาะปลูกพืชไม่ได้ เนื่องจากดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ดินทะเลทราย พื้นที่ที่เป็นหิน พื้นที่ภูเขา ดินเค็ม ดินกรด ดินด่าง พื้นที่อยู่ในเขตแห้งแล้ง หรือขาดแคลนน้ำชลประทาน การแก้ปัญหาเหล่านี้ทำได้ยาก ต้องใช้เวลานาน และใช้งบประมาณมาก สามารถใช้พื้นที่ที่มีอยู่ปลูกพืชได้ด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เพราะนอกจากไม่ต้องใช้ดินเป็นแหล่งอาหารสำหรับพืชแล้ว ยังเป็นวิธีที่ใช้น้ำน้อยและใช้อย่างมีประสิทธิภาพ พืชไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาขาดน้ำ ไม่มีการสูญเสียน้ำจากการซึมลึก การไหลทิ้ง หรือการแย่งน้ำจากวัชพืช ไม่มีปัญหาการให้น้ำมากเกินไป

4.4 พืชเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตสูง

การปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิม ไม่สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้พอดีกับความต้องการของพืชได้ นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียธาตุอาหารจากกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในดินและในอากาศ ตลอดจนการแย่งธาตุอาหารจากวัชพืช แต่การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์สามารถควบคุมปริมาณสารอาหารได้ดีกว่าการปลูกในดิน สามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้ตรงกับความต้องการของพืช พืชได้รับสารอาหารในรูปอนินทรีย์โดยตรง ทำให้การใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังไม่มีปัญหาการแย่งธาตุอาหารโดยวัชพืช จึงทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วและได้ผลผลิตสูง ในอีกแง่หนึ่ง ถ้าคำนึงถึงผลผลิตต่อปี ผลผลิตจากการผลิตด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ก็จะสูงกว่าการปลูกด้วยวิธีดั้งเดิม เนื่องจากการเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นและปลูกต่อเนื่องได้ตลอดปีไม่ขึ้นกับฤดูกาล ทำให้สามารถปลูกพืชได้มากครั้งกว่าในเวลาเท่ากัน

4.5 ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สะอาดและคุณภาพดี

เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณธาตุอาหารตามที่พืชต้องการตลอดจนควบคุมปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมได้ทั่วถึง ทำให้ได้ผลผลิตที่มีความสม่ำเสมอ มีรูปร่าง สี ขนาด ใกล้เคียงกัน ผลผลิตไม่ได้สัมผัสกับดิน จึงสะอาดและดูน่ารับประทาน การปลูกพืชวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะที่จะผลิตพืชผักที่ต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพและความสม่ำเสมอ เช่น ผักส่งออก ผักทดแทนการนำเข้า และผักส่งขายในซุปเปอร์มาร์เก็ต

4.6 ใช้แรงงานน้อย

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์จะใช้แรงงานน้อยกว่า การปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิม เนื่องมาจากไม่ต้องมีการเตรียมดิน ไม่ต้องทำการเขตกรรม เช่น ให้น้ำ ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช มีศัตรูพืชน้อยกว่า จึงใช้แรงงานในการกำจัดน้อยกว่า การเพาะเมล็ด การย้ายปลูก การเตรียมแปลงปลูก และการเก็บเกี่ยว ทำได้ง่ายกว่า จึงใช้แรงงานน้อยกว่า

4.7 ลดการใช้สารเคมี

เนื่องจากมีการควบคุมสภาพแวดล้อม ควบคุมศัตรูพืชได้ง่าย เพราะการไม่ใช้ดินในการปลูกพืช ทำให้ไม่มีปัญหาโรคแมลงที่อยู่ในดินตลอดจนไม่มีปัญหาวัชพืช ส่วนโรคแมลงที่ระบาดทางอากาศก็สามารถลดการใช้สารเคมีได้โดยการใช้โรงเรือนตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ปลูกพืชได้ทุกฤดูกาลและทุกสภาพอากาศ

เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณธาตุอาหารให้พอดีกับความต้องการของพืชและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมอื่นๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การที่สามารถปลูกพืชได้ตลอดไม่ขึ้นกับฤดูกาล ทำให้สามารถควบคุมราคาได้โดยไม่ขึ้นลงตามฤดูกาล

4.9 ใช้ปลูกบำรุงรักษาพืชให้อยู่รอดมากขึ้น

โดยเฉพาะพืชจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

4.10 ใช้ปลูกพืชในยานอวกาศได้

5. ข้อจำกัดของการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

5.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกจะสูงกว่าการปลูกพืชในดินมาก

เพราะต้องใช้เทคโนโลยีสูงต้องใช้น้ำที่สะอาด และมีความบริสุทธิ์สูงกว่าการปลูกพืชในดิน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีราคาแพง ต้องเลือกปลูกพืชที่มีราคา ค่าใช้จ่ายที่ทำให้ต้นทุนสูงจะเป็นค่าก่อสร้างโรงเรือนที่สามารถ ควบคุมสภาพแวดล้อมได้จึงจะให้ผลดี โดยเฉพาะในการปลูกพืชปลอดสารพิษ ค่าสารเคมี ค่าอุปกรณ์และค่าดูแลรักษา การลงทุนระยะแรกอาจไม่คุ้ม แต่จะให้ผลคุ้มค่าในระยะยาว และต้องดำเนินการในพื้นที่มากจะคุ้มกว่าพื้นที่น้อย

5.2 ใช้ประสบการณ์ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่ใกล้ชิดมากกว่าการปลูกพืชในดิน

โดยเฉพาะด้านการปลูกต้องใช้เทคนิคขั้นสูง ในการปลูกพืชในน้ำที่เป็นระบบปิด (closed system) ซึ่งน้ำมีการไหลหมุนเวียน ถึงแม้จะมีการควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติทุกขั้นตอนก็ตาม ผู้ปลูกต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคที่เลือกใช้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังต้องมีความรู้ในเรื่องธาตุอาหารพืช น้ำ สรีรวิทยาของพืช สารละลาย และเครื่องมือควบคุมระบบต่างๆ อีกด้วย

5.3 มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่มาจากน้ำได้ง่ายและยากต่อการควบคุม

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกในสารละลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบหมุนเวียนหรือไม่หมุนเวียน ถ้ามีการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบราก จะแพร่กระจายอย่างรวดเร็วและยากต่อการป้องกันกำจัด เพราะพืชแต่ละต้นใช้สารละลายในแหล่งเดียวกันเชื้อจะระบาดไปทั่วระบบในเวลาอันสั้นโดยติดไปในสารละลาย

5.4 การขัดข้องของกระแสไฟฟ้า

การชำรุดของเครื่องมืออุปกรณ์ไฟฟ้า หากแก้ไขไม่ทันก็จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการตายของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ไม่สามารถใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้

ทำให้พืชขาดจุลินทรีย์ในดินบางชนิดที่อยู่รอบๆรากพืช อาทิ ไรโซเบียม (rhizobium) ในปมรากถั่ว ที่สามารถดึงไนโตรเจนจากอากาศมาให้พืชใช้โดยตรง ตลอดจนจุลินทรีย์ อื่นๆที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น actinomycetes blue green algae และ photosynthetic bacteria เป็นต้น

6. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีดั้งเดิมหรือด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ถูกควบคุมโดยปัจจัยทั้งภายในและภายนอก การเรียนรู้ถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จึงเป็นเรื่องจำเป็น เนื่องจากเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการกำหนดความสำเร็จหรือล้มเหลวในการปลูกพืช การเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์จะได้ผลดีมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3ประการ ดังนี้ อ้างอิงจาก สุภาพร รัตนะรัตน์ (2544) คือ

6.1 พันธุกรรม

เป็นปัจจัยภายในตัวพืชเอง เพราะกลไกทางพันธุกรรมของพืชขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของยีน (gene) ซึ่งอยู่ในโครโมโซมของพืช ยีนเป็นหน่วยเล็กๆที่ประกอบด้วยดีเอ็นเอ (DNA) หรือวัตถุทางพันธุกรรม เป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ เช่น ความสูง รูปร่าง สี ทำให้เกิดความหลากหลายในพืชในระดับต่างๆ นอกจากนั้นยังเป็นตัวกำหนดว่าพืชจะเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงหรือสามารถต้านทานศัตรูพืชได้ดีเพียงใด ปัจจัยทางพันธุกรรมจะมีอิทธิพลร่วมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามต้องการ จะต้องแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมออกจากความแตกต่างทางสภาพแวดล้อมให้ได้ ในประเทศที่มีการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าอย่างแพร่หลาย เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยี่ยม จะให้ความสำคัญกับการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อปลูกด้วยวิธีนี้โดยเฉพาะ การปลูกพืชโดยวิธีนี้จึงให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกพืชในดิน ต่างจากประเทศไทยซึ่งการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ยังมีน้อย ส่วนใหญ่จึงใช้พันธุ์พืชพันธุ์เดียวกับที่ใช้ปลูกในดิน

6.2 สารควบคุมการเจริญเติบโต

เป็นสารอินทรีย์ซึ่งพืชสร้างขึ้นเองหรือสังเคราะห์ขึ้นก็ได้ และเมื่อนำไปใช้ในปริมาณเล็กน้อยแล้วสามารถกระตุ้น ยับยั้ง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ ไม่ว่าการปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ พืชมีสารควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของส่วนต่างๆ อยู่ตลอดเวลา สารปริมาณเพียงเล็กน้อยในช่วงเพียงส่วนในล้านส่วน (ppm) ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถกระตุ้น ยับยั้งหรือเปลี่ยนสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตจะไปควบคุมการทำงานของจีน (gene) ในการสร้างโปรตีน กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มทั้งหลาย สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้ (พีรเดช, 2537)

6.2.1 ออกซิน (auxins) มีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ควบคุมการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และมีผลในการกระตุ้นการเกิดราก สารออกซินชนิดแรกที่ค้นพบคือ IAA (indol-3-yl acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเอง เนื่องจากออกซินมีส่วนในกระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นในพืช จึงมีการสังเคราะห์สารต่างๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายออกซินเพื่อนำมาใช้ในการเกษตร สารสังเคราะห์ที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ NAA (1-naphthylacetic acid), IBA (4-indol-3-yl butyric acid), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid), และ 4-CPA (4- chlorophenoxyacetic acid)

6.2.2 จิบเบอเรลลิน (gibberellins) มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ การกระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา เพิ่มการติดผล การเปลี่ยนเพศดอก เร่งการออกดอก สารจิบเบอเรลลินที่ค้นพบจนถึงปัจจุบันมี 72 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกัน แต่การเรียงตัวของบางอะตอมแตกต่างกันเล็กน้อย จึงเรียกจิบเบอเรลลินเหมือนกันหมดคือ จิบเบอเรลลิน เอ (GA) แล้วตามด้วยหมายเลขตั้งแต่ 1 ถึง 72 เช่น GA_1 GA_3 เป็นต้น สาร GA ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิดได้แก่ GA_3, GA_4 และ GA_7

6.2.3 ไซโตไคนิน (cytokinins) ไซโตไคนินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรค่อนข้างน้อยกว่าสารกลุ่มอื่นๆ สารกลุ่มนี้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญทางด้านข้างของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้าง ชะลอการแก่ของพืช นอกจากนั้นยังมีผลเล็กน้อยต่อการพัฒนาของผล ใช้กันมากในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สารกลุ่มนี้ราคาสูงมาก จึงใช้ประโยชน์ค่อนข้างจำกัด ในประเทศไทยยังไม่มีการสั่งสารกลุ่มนี้เข้ามาใช้ในรูปสารเคมีเกษตรแต่มีจำหน่ายในรูปสารเคมีบริสุทธิ์ซึ่งราคาจะค่อนข้างสูง ไซโตไคนินที่พืชสังเคราะห์ได้เองตามธรรมชาติคือ ซีอาติน (zeatin) ส่วนสารสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ไคเนติน (kinetin), และ BAP (6-benzyl-laminopurine)

6.2.4 เอทิลีนและสารปลดปล่อยเอทีลีน (ethylene and ethylene releasing compounds) เอทิลีนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวที่อยู่ในรูปก๊าซ มีอิทธิพลในการควบคุมการแก่ของพืช เช่น เร่งการสุกของผลไม้ เร่งการเหี่ยวของดอกไม้ นอกจากนี้ยังมีผลในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด แต่เนื่องจากอยู่ในรูปก๊าซจึงใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างจำกัด จึงได้มีการคิดค้นสารรูปอื่นที่เป็นของแข็งหรือของเหลวแต่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนได้คือ ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) และนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

6.2.5 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardants) สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารที่พืชไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ แต่เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร มีคุณสมบัติในการชะลอการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์บริเวณใต้ปลายยอดของกิ่ง จึงมีผลให้ความสูงของพืชลดลง นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด เพิ่มการติดผลและคุณภาพของผลไม้ ตลอดจนมีผลในการเพิ่มผลผลิตพืชผัก สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้กันแพร่หลายคือ chlormequat และ daminozide และสารอื่นๆซึ่งใช้น้อยกว่าเช่น ancimidol, mepiquat chloride, และ paclobutrazol

6.2.6 สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (plant growth inhibitors) สารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการแบ่งเซลล์ ยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนอื่นบางชนิด และยับยั้งการเจริญเติบโตทั่วๆ ไป สารยับยั้งการเจริญเติบโตที่พบในธรรมชาติมีกว่า 200 ชนิด แต่สารที่สำคัญที่สุดคือ ABA (abscisic acid) ซึ่งมีผลควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล การพักตัวของพืช และการคายน้ำ ไม่มีการนำสารนี้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร แต่มีการสังเคราะห์สารหลายชนิด เช่น maleic hydrazide, chloroflurenol หรือ morphactin, dikegulac-sodium ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นการแตกตาข้าง ยับยั้งการงอกของหัว และลดความสูงของไม้พุ่ม

6.3 สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆเหล่านี้ไม่ได้แตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมีอยู่หลายปัจจัย แต่มีปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้ อ้างอิงจาก ดิเรก ทองอร่าม (2547)

6.3.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเร่งขบวนการทางเคมีต่างๆ ในพืช ขบวนการเหล่านี้ควบคุมโดยเอนไซม์ ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิแคบๆ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานลดลง มีผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในพืชลดลงหรือหยุดไปด้วย เมื่อถึงจุดนี้ พืชจะอยู่ในภาวะเครียดและหยุดเจริญเติบโต และอาจตายได้ในที่สุด การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลง ทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของราก เช่นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25° C เป็น 30° C จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ppm เหลือเพียง 7.51 ppm

6.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่างๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์สูงยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคบางโรคได้ง่ายอีกด้วย

6.3.3 แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน แสงมีคุณสมบัติ 3 ประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความยาวคลื่น ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง คุณสมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ที่สุด คือความเข้มแสง ความเข้มแสงที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลในการลดการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง สำหรับการปลูกพืชในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อน ได้รับแสงที่มีความเข้มสูง การปลูกพืชในที่โล่งจึงต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิคือ เมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะมองข้ามความสัมพันธ์นี้ไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมของราก

6.3.4 องค์ประกอบของบรรยากาศ พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในอากาศโดยปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากในบริเวณที่มีพืชหนาแน่นคาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องการออกซิเจนใช้ในการหายใจเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหาเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ปั๊มหรือเครื่องสูบลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 ppm

6.3.5 คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่างๆจากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายเป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ มีผลต่อการเลือกพืชปลูก ระบบปลูก และวิธีจัดการธาตุอาหารพืช คุณภาพของน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปถ้าน้ำสะอาดพอที่มนุษย์หรือสัตว์สามารถดื่มได้ก็ถือว่าเป็นน้ำที่สามารถนำมาใช้เตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืชได้ นอกจากความสะอาดควรต้องทราบคุณสมบัติทางเคมีว่ามีธาตุต่างๆ อยู่ในปริมาณเท่าใด มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในระดับใด โดยทั่วไปน้ำที่เหมาะสมที่นำมาเตรียมสารละลายได้ควรมีปริมาณธาตุต่างๆ ดังตารางที่ 1.1

ธาตุที่มักพบในน้ำและเป็นปัญหาคือ โซเดียม และ คลอรีน ซึ่งเป็นธาตุที่พืชดูดไปใช้น้อยมาก ดังนั้นถ้าพบในน้ำในปริมาณมากก็จะเกิดการสะสมและเป็นพิษต่อพืชโดยเฉพาะระบบปิดที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ (closed system) ปริมาณโซเดียมในสารละลายจะมีความเป็นพิษต่อพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เช่น โซเดียมอิออนที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นพิษต่อผักสลัด สตรอเบอรี่ และกุหลาบ แต่สำหรับมะเขือเทศสามารถทนความเข้มข้นของโซเดียมอิออนได้ถึง 200 ppm หรือมากกว่า สุภาพร รัตนะรัตน์ (2544)

จากปัญหาการสะสมเกลือที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้ จึงต้องมีการจัดการเกี่ยวกับธาตุอาหาร เมื่อใช้น้ำที่มีเกลือแร่เหล่านี้ละลายอยู่มากจะยุ่งยากกว่าน้ำที่มีเกลือละลายอยู่น้อย โดยเฉพาะระบบที่มีการหมุนเวียนนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เช่น ระบบ DRFT ส่วนระบบที่ไม่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เช่น การปลูกในวัสดุปลูกและระบายน้ำทิ้ง จะสามารถนำน้ำที่มีเกลือเหล่านี้มาใช้ได้แต่ต้องเพิ่มปริมาณน้ำที่ระบายออกให้มากขึ้นเพื่อชะเกลือที่สะสมในวัสดุปลูกซึ่งทำให้สิ้นเปลืองสารละลาย

อนุมูลไบคาร์บอเนตมีผลต่อค่า pH ของสารละลาย โดยทำให้ pH สูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุบางชนิด นอกจากนี้ตะกอนที่เกิดขึ้นจะอุดตันหัวน้ำหยด ระบบท่อ เครื่องกรองน้ำ และยังไปหุ้มอิเลกโทรดของเครื่องวัด pH และเครื่องวัด EC,pH สูงยังมีผลให้เหล็กคีเลตอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 คุณภาพของน้ำที่สามารถนำมาปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์

ธาตุและอนุมูลที่เจือปนในน้ำ		น้ำหนักโมเลกุล	ค่าสูงสุดที่สามารถมีอยู่ในน้ำ	
			มิลลิโมล/ลิตร	มิลลิกรัม/ลิตร (ppm)
โซเดียม	Na^{+}	23.0	0.5	11.5
คลอรีน	Cl^{-}	35.5	1.0	35.5
แคลเซียม	Ca^{++}	40.1	2.0	80.2
แมกนีเซียม	Mg^{++}	24.3	0.5	12.2
ซัลเฟต	SO_4^{++}	96.1	0.5	48.1
ไบคาร์บอเนต	HCO_3^{-}	61.0	4.0	244.0 ไมโครกรัม/ลิตร (ppb)
เหล็ก	Fe^{++}	55.9	0.5	28.0
แมงกานีส	Mn^{++}	54.9	10.0	549.0
ทองแดง	Cu^{++}	63.5	1.0	63.5
สังกะสี	Zn^{++}	65.4	5.0	327.0
โบรอน	B^{+++}	10.8	25.0	270.0
ฟลูออร์ไรน์	F^{-}	19.0	25.5	475.0
ค่าการนำไฟฟ้า	EC		0.5 mS/cm 25 ° C	
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	PH		5.5 – 6.0	

ที่มา: อิทธิสุนทร, 2550

6.3.6 ปฏิกิริยาน้ำ (pH) pH ของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยทั่วไปการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ สารละลายธาตุอาหารพืชควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หรือประมาณ 6 ไม่ควรเกิน 7 ขึ้นกับชนิดพืช

6.3.7 ธาตุอาหารพืช พืชที่ยังคงความสดอยู่จะมีปริมาณน้ำประกอบอยู่ร้อยละ 80-95 ถ้าเก็บต้นพืชมาชั่งจะได้น้ำหนักสด เมื่อวางทิ้งไว้พืชจะเหี่ยวลงเนื่องจากสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลา และถ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 70° C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง น้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในต้นพืชจะระเหยไป เมื่อนำไปชั่งอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักแห้งจะพบว่าพืชมีน้ำหนักลงลงอย่างมากเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักสดที่ชั่งครั้งแรก (กระบวน, 2542) ยกตัวอย่าง เก็บผักคื่นฉ่ายมา 1 ต้น สมมุติว่าชั่งได้น้ำหนักสด 100 กรัม แต่เมื่อนำไปอบให้แห้งแล้วชั่งใหม่จะเหลือน้ำหนักแห้งเพียง 10 กรัม เป็นต้น น้ำหนักแห้งที่ได้นี้มากกว่าร้อยละ 90 ประกอบด้วยแร่ธาตุ 3 ชนิด คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) และไฮโดรเจน (H) ซึ่งได้มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ในบรรยากาศ และ น้ำ (H_2O) ส่วนที่เหลือเป็นแร่ธาตุชนิดอื่นๆ ที่ประกอบเป็นต้นพืช จากตัวอย่างคื่นฉ่ายจะพบว่ามีธาตุอื่นๆ เพียงร้อยละ 1 ของน้ำหนักสด หรือเท่ากับ 1 กรัม

7. ธาตุอาหารของพืชไฮโดรโปนิกส์

ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ น้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ปลูกจัดหาให้แก่พืชโดยตรงโดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

7.1 ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (macronutrient elements)

คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่

7.1.1 ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืชเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ในพืชผัก ไนโตรเจนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มคุณภาพ เพราะเป็นตัวทำให้ผักมีลักษณะอวบน้ำ พืชผักรับประทานต้นหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อให้ต้นและใบมีความกรอบ มีกากหรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) และไนเตรทอิออน (NO_3^-) แต่ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในสารละลายจะอยู่ในรูปไนเตรทอิออน เพราะแอมโมเนียมอิออนในปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ควรมีสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนียมอิออนและไนเตรทอิออน ปริมาณแอมโมเนียมอิออนไม่ควรเกินร้อยละ 50 ของความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย แต่สัดส่วนที่เหมาะสมมักใช้ไนเตรทอิออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ร้อยละ 75 และแอมโมเนียมอิออนร้อยละ 25 สารเคมีที่ให้ไนเตรทอิออน คือ แคลเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมไนเตรท

7.1.2 ฟอสฟอรัส (P) ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญมาก พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมตาโบลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต, ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และไลปิดอีกด้วย ในแง่การเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี ฟอสฟอรัสยังช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคแมลง สำหรับพืชผักฟอสฟอรัสทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสยังมีส่วนในการทำให้พืชผักเก็บเกี่ยวได้เร็วและมีรสชาติดีขึ้นด้วย รูปของฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้คือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และ ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) ส่วนจะอยู่ในรูปไหนมากกว่ากันขึ้นกับค่า pH ของสารละลายในขณะนั้น ในการปลูกพืชในดินมักมีปัญหาความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสเมื่อ pH ไม่เหมาะสม เช่นถ้า pH ต่ำฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับเหล็กและอลูมิเนียม แต่ถ้า pH สูงฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียม ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง แต่ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะไม่เกิดปัญหานี้เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารและ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้

7.1.3 โพแทสเซียม (K) โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวกับการทำงานด้านสรีรวิทยาของพืช เป็นธาตุจำเป็นในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช จึงเป็นธาตุที่จำเป็นมากต่อพืชผักประเภทหัว นอกจากนี้โพแทสเซียมยังควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในพืชผักรับประทานต้นและใบ มีความต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าไนโตรเจน เพราะเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพ เช่น ช่วยให้กะหล่ำปลีห่อหัวได้ดี น้ำหนักดี มีเนื้อแน่นและเป็นเงาน่ารับประทาน ส่วนผักกาดต่างๆ ที่รับประทานใบถ้าได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจะไม่เฉาง่ายเมื่อตัดส่งตลาด จึงสดอยู่ได้นาน ในพืชผักกินผลเช่น มะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมจะสูงในช่วงที่มีการพัฒนาของผล รูปของโพแทสเซียมที่พืชนำไปใช้ได้คือ โพแทสเซียมอิออน (K^+) แต่ถ้ามีโพแทสเซียมมากเกินไปจะรบกวนการนำแคลเซียมและแมกนีเซียมไปใช้ สารเคมีที่ให้โพแทสเซียมมีอยู่หลายตัว เช่น โพแทสเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

102894

7.1.4 แคลเซียม (Ca) แคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ หน้าที่หลักภายในพืชจึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์อีกด้วย การดูดใช้แคลเซียมของพืชจะขึ้นกับอิออนตัวอื่นในสารละลาย โดยเฉพาะเมื่อมีไน เตรทจะทำให้ดูดใช้แคลเซียมได้ดีขึ้น รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) แหล่งแคลเซียมที่ดีที่สุดคือ แคลเซียมไนเตรท เนื่องจากละลายง่าย ราคาไม่แพง อีกทั้งยังให้ธาตุไนโตรเจนได้ด้วย ความเข้มข้นของแคลเซียมที่มากเกินไปจะมีผลต่อการนำโพแทสเซียมและแมกนีเซียมมาใช้

7.1.5 แมกนีเซียม (Mg) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในในการดูดซึมธาตุอาหาร และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟต แมกนีเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อยู่ในรูป แมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) สารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งแมกนีเซียมคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ในการเตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ จะต้องระวังในเรื่องปริมาณแมกนีเซียมเพราะแมกนีเซียมที่มากเกินไปจะรบกวนการนำโพแทสเซียมและแคลเซียมมาใช้

7.1.6 กำมะถัน (S) กำมะถันเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของพืชมากพอๆ กับฟอสฟอรัสแต่พืชแต่ละชนิดจะมีกำมะถันในปริมาณต่างกัน พืชตระกูลถั่ว หอม กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง กระเทียม ต้องการกำมะถันเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้ดีขึ้น กำมะถันมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบเช่น ซิสเทอีน (*cysteine*) และ เมทไธโอนีน (*methionine*) นอกจากนั้นกำมะถันยังมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชด้วย รูปของกำมะถันที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ ซัลเฟตอิออน (SO_4^{2-}) ซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารมักมีส่วนประกอบของเกลือซัลเฟตหลายชนิดอยู่ เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต เป็นต้น พืชที่ปลูกในสารละลายจึงมักไม่ขาดธาตุนี้

7.2 ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element)

คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดมีระยะค่อนข้างแคบ นอกจากนั้นการประเมินอาการขาดทำได้ค่อนข้างยากอีกด้วย การแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุทำได้ง่ายกว่าการแก้ปัญหาความเป็นพิษ เมื่อเกิดอาการเป็นพิษขึ้นมักจะต้องปลูกใหม่ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารกลุ่มนี้ขึ้นกับค่า pH ของสารละลายและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารละลายและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่

7.2.1 เหล็ก (Fe) เป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนย้ายในพืชในพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (ferridoxin) ซึ่งเป็นสารสำคัญในขบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือเฟอรัสอิออน (Fe^{2+}) และเฟอริกอิออน (Fe^{3+}) สารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กและมีราคาถูก คือ เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งละลายน้ำได้ง่ายแต่จะตกตะกอนเร็วจึงต้องระวังในเรื่อง pH ของสารละลาย จึงนิยมใช้เหล็กในรูปคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายธาตุอาหารพืชและพืชก็สามารถนำไปใช้ได้ดี

7.2.2 แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการทำงานร่วมกับธาตุอื่น เช่น เหล็ก แคลเซี่ยม และแมกนีเซียม ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะถูกควบคุมโดยค่า pH ของสารละลาย รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ แมงกานีสอิออน (Mn^{2+})

7.2.3 สังกะสี (Zn) เป็นธาตุจำเป็นต่อการสังเคราะห์ IAA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และยังมีบทบาทในการสร้างแป้งของพืชด้วย รูปที่พืชสามรถนำไปใช้ได้ คือ ซิงค์อิออน (Zn^{2+}) ที่อาจได้จากซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) หรือซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)

7.2.4 ทองแดง (Cu) แต่เป็นธาตุที่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และส่งเสริมให้พืชนำเหล็กมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ คอปเปอร์อิออน (Cu^{2+}) ที่อาจได้จากคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) หรือคอปเปอร์คลอไรด์ ($CuCl_2$)

7.2.5 โบรอน (B) หน้าที่ของโบรอนในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต การสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ และกิจกรรม ต่างๆ ของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ การเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนั้นโบรอนยังมีอิทธิพลต่อสัดส่วนการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวก (cations) และธาตุที่มีประจุลบ (anions) ของพืชโดยจะส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวกได้ดีขึ้น และธาตุที่มีประจุลบลดลง ที่เด่นชัดคือการดูดใช้แคเซียมจะดีขึ้นถ้ามีโบรอนเพียงพอ รูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชคือโบเรตอิออน (BO_3^{3-}) ซึ่งมีในน้ำธรรมชาติ หรือได้จากการเติมกรดบอริก (H_3BO_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.6 โมลิบดินัม (Mo) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ไนโตรจีเนส (nitrogenese) ซึ่งสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวส์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปโมลิบเดตอิออน (MoO_4^{2-}) ซึ่งอาจได้จากสารแอมโมเนียมโมลิบเดต หรือโซเดียมโมลิบเดต

7.2.7 คลอรีน (Cl) ถ้าความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 1 ส่วนใหญ่จะเป็นพิษต่อพืช บทบาทภายในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่ถ้าขาดคลอรีนพืชจะเหี่ยวง่าย ในน้ำจะมีคลอรีนอยู่ในรูปคลอไรด์อิออน (Cl^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะไปยับยั้งการนำธาตุที่อยู่ในรูปประจุลบตัวอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ นอกจากธาตุต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีธาตุอีกหลายชนิดที่คาดว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ยังไม่ทราบบทบาทแน่ชัด เช่น โซเดียม (Na), ซิลิกอน (Si), นิเกิล (Ni), และเวเนเดียม (V) เป็นต้น

8. การจัดการค่า pH ของสารละลาย

pH คือการวัดค่าความเข้มข้นของอิออนไฮโดรเจน (Hydrogen Ion) ในสารแต่ละชนิด เช่น ในน้ำ ดินและอื่นๆ หรือถ้าจะเปรียบง่ายๆ ค่า pH คือการวัดค่าความเป็นกรดและด่างของสารแต่ละชนิด โดยเป็นมาตรวัดทางลอกการิทึม (Logarithmic Scale) จากช่วง 0 - 14 pH ที่เป็นกลางจะมีค่า เท่ากับ 7 ค่า pH ต่ำกว่า 7 จะมีความเป็นกรด ถ้ามากกว่า 7 จะมีความเป็นด่าง ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5-6.5 เมื่อ pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH จะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป pH จะสูงขึ้น เนื่องจากในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ ไนเตรทอิออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ประจุลบมากกว่าบวก) จึงมีการปล่อยอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมาในปริมาณเท่ากัน ทำให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น ในการปลูกพืชในระบบปิดจึงต้องวัดค่า pH สม่ำเสมอและปรับค่าให้อยู่ที่ 6 ตลอดเวลาโดยใช้กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริก ซึ่งจะเป็นการเติมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสให้สารละลายด้วยแต่การใช้กรดฟอสฟอริกต้องระวังไม่ให้เป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้สารละลายมากเกินไป การลดค่า pH ของสารละลายอาจทำได้โดยการเพิ่มแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) เมื่อมีอนุมูล NH_4^+ ในสารละลายการดูดใช้อนุมูลนี้ของพืชจะเกิดการปลดปล่อยอนุมูลไฮโดรเจนออกมา ทำให้ pH ลดลง อย่างไรก็ตามต้องระวังไม่ให้อนุมูล NH_4^+ เพิ่มเกิน ร้อยละ 10 ของความเข้มข้นของอนุมูล NO_3^- ในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก NH_4^+ ที่ความเข้มข้นสูงๆ เป็นอันตรายต่อพืชได้ในทางกลับกัน การเพิ่ม pH ของสารละลายทำได้โดยเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือโพแทสเซียมคาร์บอเนต และลดปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ลง หรือเปลี่ยนการใช้โมโนแอมโมเนียมฟอสแฟตมาใช้ไดแอมโมเนียมฟอสเฟตแทนก็ได้

8.1 ค่า pH ที่สูงหรือต่ำมากเกินไปจะมีผลต่อพืชดังนี้ อ้างอิงจาก สุภาพร รัตนะรัตน์ (2544)

8.1.1 สภาวะที่ค่า pH ต่ำมากๆ (ต่ำกว่า 4.5) หรือค่า pH สูงมากๆ (สูงกว่า 9) จะทำลายรากพืชโดยตรง

8.1.2 ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารจะมีผลต่อการละลายและการคงอยู่ของธาตุบางชนิดอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะธาตุอาหารขนาดเล็ก (Micronutrients) สามารถพบธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่า pH 6 ถึง 7.5 ในสภาวะที่ค่า pH สูงหรือต่ำมากๆ ธาตุอาหารบางชนิดจะยังคงค้างอยู่ในสารนั้นแต่ไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

8.1.3 เนื่องจากค่า pH ของสารบางตัว จะส่งผลในทางลบซึ่งจะเกิดที่ผิวหน้าของของเหลวที่มีลักษณะคล้ายวุ้น (Cilloidal) เช่น ผิวหน้าของดิน โดยจะลดความสามารถในการนำธาตุอาหารไปใช้ สำหรับไฮโดรโปนิกส์ส่วนใหญ่ไม่ส่งผลเช่นนี้ เนื่องจากโดยทั่วๆไปจะเป็นสารที่เฉื่อย เช่น กรวด ทราย

8.1.4 เชื้อจุลินทรีย์ ก็มีช่วงค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเช่นกัน ค่า pH ที่เข้มจัดจะส่งผลต่ออัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น ราไมคอไรซัล (Mycorrhizal Fungi) ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีที่ช่วงค่า pH ระหว่าง 4 - 8 ขณะที่แบคทีเรียที่ช่วยเปลี่ยนแอมโมเนียม (Ammonium) เป็นไนโตรเจน (Nitrogen) จะเจริญเติบโตได้ดีที่ช่วงค่า pH ที่เกินกว่า 6

9. การจัดการค่า EC ของสารละลาย ค่า EC (electrical conductivity)

EC คือค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของสารละลาย มีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อเซนติเมตร (mmol/cm) หรือมิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือมีธาตุอาหารละลายอยู่มาก ค่า EC ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และชนิดพืชปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT ต้องมีค่า EC ตั้งแต่ 0.8-2.8 mS/cm ส่วนมะเขือเทศควรมีค่า EC สูงถึง 5-8 mS/cm เพื่อเพิ่มความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในการจัดการค่า EC คือ ค่า EC เป็นค่าที่บอกความเข้มข้นของสารละลายโดยรวม ไม่สามารถบอกความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละตัวได้ จึงไม่มีโอกาสรู้ว่าธาตุใดมีปริมาณมากเกินหรือน้อยเกินไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายสารละลายทิ้งเป็นช่วงๆ เพื่อกำจัดธาตุที่พืชไม่ต้องการและมีการสะสมอยู่ในสารละลาย ธาตุที่มักมีการสะสมและเป็นปัญหาในการปลูกพืชด้วยระบบปิดเสมอคือ โซเดียม ซึ่งพืชไม่มีการดูดไปใช้และมักมีอยู่ในน้ำหรือมากับปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย เมื่อสารละลายไหลผ่านรากพืช จะมีการดูดธาตุที่ต้องการไปใช้และเหลือโซเดียมสะสมอยู่ในสารละลาย เมื่อรอบการผ่านรากมากขึ้น ปริมาณธาตุอาหารพืชจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากพืชดูดไปใช้ ขณะเดียวกันปริมาณโซเดียมก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นกัน การสะสมของโซเดียมอาจถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้ ทางเดียวที่กำจัดโซเดียมออกจากระบบได้ คือการถ่ายสารละลายทิ้ง นอกจากโซเดียมแล้ว การสะสมของธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยตัวอื่นๆ ก็อาจเกิดขึ้นได้ เป็นสาเหตุของความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสารละลาย เช่นความไม่สมดุลของ แอมโมเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ซึ่งเป็นประจุบวก และถูกดูดใช้ในขบวนการที่คล้ายกัน ถ้าธาตุเหล่านี้อยู่ในสภาพไม่สมดุล เช่น มีแมกนีเซียม หรือ โพแทสเซียมมากเกินไป จะทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง เมื่อเกิดความไม่สมดุลของสารละลายธาตุอาหารแล้ว จะทราบได้ก็ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารละลาย อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก นอกจากการวิเคราะห์อาจสังเกตจากอาการของพืช เช่น ในผักกาดหอม จะแสดงอาการปลายใบไหม้ (tip bum) เมื่อขาดแคลเซียม แต่ทั้งนี้ การแสดงอาการผิดปกติดังกล่าวก็สายเกินกว่าจะแก้ไข วิธีที่ดีที่สุดจึงควรรักษาสมดุลของธาตุอาหารไว้ คือการถ่ายสารละลายธาตุอาหารในถังทิ้งให้หมดก่อนที่ความไม่สมดุลจะรุนแรง แล้วเติมสารละลายที่เตรียมใหม่แทน

9.1. วิธีการควบคุมค่า EC ของสารละลาย

การควบคุมค่า EC ของสารละลายทำได้หลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีขึ้นกับความพร้อมด้านใดเงินทุนของผู้ประกอบการ โดยมีวิธีการต่างๆ ดังนี้ อ้างอิงจาก สุภาพร รัตนะรัตน์ (2544) ดังนี้

9.1.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (automatic control) ค่า pH และ EC ของสารละลายจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ค่าทั้งสองจึงคงที่อยู่ตลอดเวลา และมีค่าแตกต่างจากค่าที่ต้องการน้อยมาก เป็นระบบควบคุมที่ดีที่สุดแต่ก็มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1.2 ระบบเติมน้ำอัตโนมัติแต่เติมปุ๋ยโดยผู้ดูแล (automatic water make-up, manual fertilizer adding) เป็นระบบที่มีลูกลอยรักษาระดับน้ำในถังสารละลาย เมื่อพืชดูดสารละลายไปใช้ลูกลอยจะคอยรักษาระดับน้ำให้คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นค่า EC ของสารละลายจะลดลงเรื่อยๆ และคนดูแลจะวัดค่า pH และ EC เป็นช่วงเวลาแน่นอน เช่น ทุกๆ เช้า แล้วจะเติมสารละลายเข้มข้นเพื่อปรับค่า EC ของสารละลาย ช่วงความแตกต่างของค่า EC ที่ต้องการและค่า EC ต่ำสุดจะขึ้นกับความถี่ในการตรวจวัดและปรับค่า EC ถ้าทำบ่อยๆ ค่าความแตกต่างก็จะน้อย พืชจะเจริญเติบโตได้ดี

9.1.3 ระบบที่เติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลและมีการตรวจวัดค่า (manual control with checking) ระบบนี้จะปล่อยให้พืชใช้สารละลายไปเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่งแล้วผู้ดูแลจะเข้าไปเติมน้ำและปรับค่า EC ของสารละลายให้เท่าที่ต้องการ การปรับค่าอาจเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน เช่นทุกเช้า หรือดูจากปริมาณสารละลายที่พืชใช้ไป เช่นร้อยละ 50, 60, และ 70 ของความจุถังสารละลาย ค่า EC ของระบบนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการปรับค่า ก็จะลดลงมาระดับที่ต้องการ

9.1.4 ระบบที่เติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลและไม่มีการวัดค่า (manual control without checking) เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด แต่เป็นระบบควบคุมค่า EC ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ระบบนี้จะปล่อยให้พืชใช้สารละลายไปเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่ง แล้วจะมีการเติมสารละลายที่เตรียมไว้แล้ว (เป็นสารละลายที่มีค่า EC ที่ต้องการ) หรือโดยการเติมน้ำสารละลายเข้มข้นตามอัตราที่กำหนดไว้ เช่น สารละลายเข้มข้น 1 ส่วน น้ำ 100 ส่วน แต่ไม่มีการวัดค่า EC ในถังสารละลาย ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันมากในการปลูกเป็นงานอดิเรก ไม่มีเครื่องวัด EC การเปลี่ยนค่า EC ในระบบนี้คือค่าEC ของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนอาจถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช

9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EC ของสารละลายค่า EC

9.2.1 ฤดูที่ปลูก การปลูกในฤดูร้อนจะต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อยกว่าฤดูหนาว เพราะพืชมีการคายน้ำมากและมีการดูดใช้ธาตุอาหารเร็ว ส่วนฤดูฝน ถ้าเป็นการปลูกกลางแจ้ง น้ำฝนจะเข้าไปในสารละลายได้ ทำให้สารละลายเจือจาง จึงต้องระบายสารละลายบางส่วนออกจากระบบ แล้วเติมสารละลายเข้มข้นเพื่อปรับค่า EC และ pH ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2.2 คุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้าใช้น้ำที่มีความบริสุทธิ์มากๆ เช่น น้ำฝน หรือน้ำ reverse osmosis (RO) จะมีสิ่งเจือปนน้อย จึงมีการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการน้อย ทำให้ทิ้งช่วงการถ่ายสารละลายได้นาน

9.2.3 ความบริสุทธิ์ของปุ๋ยและสารที่ใช้เตรียมสารละลาย ความบริสุทธิ์ของปุ๋ยและสารที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้าใช้สารหรือปุ๋ยที่มีความบริสุทธิ์น้อย ก็จะต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย

9.2.4 สูตรและความเข้มข้นของสารละลาย สูตรและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้มีความเหมาะสมกับความต้องการของพืชหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสม เช่นมีอัตราส่วนของธาตุต่างๆ ไม่ตรงกับความต้องการของพืชที่ปลูก ก็จะเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้เร็ว และต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย

9.2.5 ชนิดและช่วงการเจริญเติบโตของพืช ชนิดและช่วงการเจริญเติบโตของพืชการตอบสนองต่อความไม่สมดุลของธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน บางชนิดแสดงอาการอย่างรวดเร็วและรุนแรง จึงต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อย นอกจากชนิดพืชแล้ว ช่วงการเจริญเติบโตของพืชก็ตอบสนองต่างกัน เช่น ผักกาดหอมจะแสดงอาการ tip burn ในช่วง 1-2 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงต้องการน้ำและธาตุอาหารในปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้ง่ายและรวดเร็ว ควรถ่ายสารละลายก่อนช่วงนี้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อป้องกันความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

9.2.6 สัดส่วนระหว่างขนาดถังสารละลายต่อจำนวนพืชที่ปลูก สัดส่วนระหว่างขนาดถังสารละลายต่อจำนวนพืชที่ปลูก (ปริมาณธาตุอาหารต่อพืช 1 ต้น) ถ้าถังสารละลายมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับจำนวนพืช การถ่ายสารละลายจะช้ากว่าเมื่อใช้ถังขนาดเล็ก แม้จะมีข้อดีที่ไม่ต้องถ่ายสารละลายบ่อยแต่ถังขนาดใหญ่ก็มีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับถังขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามจากปัจจัยดังกล่าว ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าเมื่อใดจะต้องมีการถ่ายสารละลาย วิธีเดียวที่จะทำให้รู้แน่นอนคือจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารละลายเป็นระยะๆ นอกจากจะบอกได้แน่นอนว่าควรถ่ายสารละลายหรือยังแล้ว ยังเป็นข้อมูลในการปรับสูตรสารละลายให้เหมาะสมกับสภาพการปลูกพืชของบ้านเราได้ แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานานในการวิเคราะห์ วิธีที่ทำได้คือการสังเกตจากการตอบสนองของพืชโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ปลูก หรือค่อยๆถ่ายสารละลายออกจากระบบอย่างสม่ำเสมอคราวละน้อยๆ ซึ่งมีข้อดีคือปริมาณธาตุอาหารที่พืชไม่ต้องการหรือความไม่สมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของธาตุอาหารจะอยู่ในระดับคงที่ไม่ขึ้นลงอย่างรวดเร็ว พืชจึงไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนองค์ประกอบของสารละลายมาก

10. วัสดุและภาชนะปลูก

10.1 วัสดุปลูก

วัสดุปลูก วัสดุปลูกทำหน้าที่ในการรองรับรากพืชเพื่อให้พืชทรงตัวอยู่ได้ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ อ้างอิงจาก ดิเรก ทองอร่าม (2542)

10.1.1 สามารถรักษาอัตราส่วนของน้ำและอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ น้ำ: อากาศ เท่ากับ 50:50 โดยปริมาตร

10.1.2 จะต้องไม่มีการอัดหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน

10.1.3 จะต้องไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ

10.1.4 เป็นวัสดุที่รากพืชสามารถแพร่กระจายได้อย่างสะดวกทั่วทุกส่วน

10.1.5 มีความเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและภาชนะที่ใช้ปลูก

10.1.6 มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (C.E.C) ต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชในวัสดุปลูก

10.1.7 ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง

10.1.8 เป็นวัสดุที่สามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย ทำให้สามารถนำวัสดุปลูกกลับมาใช้ใหม่ได้

อย่างไรก็ตามไม่มีวัสดุปลูกใดที่มีคุณสมบัติครบทุกข้อที่กล่าวมา วัสดุปลูกที่นิยมใช้ในต่างประเทศ คือ แท่งฟองน้ำ และ Rockwood แต่ราคาค่อนข้างแพงในประเทศไทยเนื่องจากต้องนำเข้า จึงได้มีการทดลองใช้วัสดุต่างๆ ที่หาได้ในประเทศ เช่น แกลบสด ขี้เถ้าแกลบ ขุยมะพร้าว และ ทราย การทดสอบวัสดุปลูกต่างๆ เหล่านี้ พบว่าทั้งวัสดุเดี่ยวและวัสดุผสมทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน เมื่อลองใช้วัสดุต่างๆ เป็นเวลา 1 ปี พบว่าวัสดุผสมต่างๆ ที่ผสมกับทรายมีการหดตัวไม่มาก สามารถใช้เป็นวัสดุปลูกต่อไปได้ ส่วนวัสดุเดี่ยว แกลบสดมีปัญหาในช่วงแรกๆ คือระบายน้ำดีเกินไปและการแพร่กระจายของน้ำด้านข้างน้อย แต่เมื่อใช้ไประยะหนึ่งเกิดการสลายตัว ความสามารถในการอุ้มน้ำก็ดีขึ้น สำหรับขุยมะพร้าว มีการอุ้มน้ำดีเกินไปและมีการสลายตัวมาก ต้องระวังการให้น้ำและระบายน้ำ ส่วนขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุที่ดีชนิดหนึ่ง มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลายตัวน้อยแต่ก่อนใช้ต้องแช่ด้วยกรดเพื่อปรับ pH ให้เท่ากับ 6 วัสดุปลูกที่กล่าวมานี้จะมีคุณสมบัติดีขึ้นมากเมื่อผสมกับทรายในอัตราส่วน 1:1

10.2 ภาชนะปลูกพืช

วัสดุปลูกจะต้องบรรจุในภาชนะปลูกเพื่อไม่ให้ปะปนกับสารละลาย ภาชนะปลูกที่ดีจะต้องทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารต่างๆ ต้องมีความคงทนแข็งแรง น้ำหนักเบา ใช้ได้นาน และติดตั้งใช้งานง่าย ซึ่งปัจจุบันจะใช้ภาชนะที่ทำจากพลาสติกเป็นส่วนมาก เนื่องจากมีความคงทน น้ำหนักเบา สามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้มาก และราคาถูก ไม่ควรใช้ภาชนะโลหะที่เคลือบด้วยสังกะสี เพราะอาจมีการละลายของสังกะสี ทำให้สารละลายธาตุอาหารพืชมีความเข้มข้นของสังกะสีสูง และอาจเป็นพิษต่อพืชได้ ภาชนะปลูกที่ทำจากวัสดุประเภทซีเมนต์ ใยหิน หรือ กรวด เมื่อนำไปใช้ใส่สารละลาย จะมีสภาพเป็นด่าง ทำให้ pH ของสารละลายสูงขึ้น จึงควรนำไปแช่น้ำให้สะอาดเพื่อเป็นการปรับสภาพให้เป็นกลางก่อนนำไปใช้

ขนาดและรูปร่างของภาชนะที่เลือกใช้จะขึ้นกับชนิดของวัสดุปลูก ชนิดของพืชที่ปลูก และลักษณะของพื้นที่ปลูกหรือโรงเรือนปลูกพืช ภาชนะที่ใช้กันในปัจจุบันอาจจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

10.2.1 ภาชนะที่มีรูปร่างเป็นถัง อ่าง บ่อ อาจอยู่บนผิวดินหรือฝังอยู่ใต้ดิน วัสดุที่ใช้อาจเป็นแผ่นพลาสติกหรือบ่อซีเมนต์

10.2.2 ภาชนะที่มีลักษณะเป็นลำราง คล้ายรางรองน้ำฝน อาจทำจากแผ่นพลาสติกอ่อน หรือกึ่งแข็ง หรือทำจากแผ่นสังกะสีหรืออลูมิเนียมบุภายในด้วยแผ่นพลาสติก

10.2.3 ภาชนะที่มีลักษณะเป็นถุงหรือใช้ห่อ วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นพลาสติกขาวหรือดำ

การวางภาชนะปลูกนิยมวางในแนวยาว ขวางทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ เพื่อให้พืชได้รับแสงอย่างทั่วถึง ไม่มีการบังแดดกัน โดยปกติจะออกแบบให้กว้างไม่เกิน 5 ฟุต สูง 6-8 นิ้ว ความยาวขึ้นกับโรงเรือน แต่ในการปลูกพืชเชิงพาณิชย์มักจะออกแบบภาชนะให้แคบและตื้น แต่ยาว และมักจะทำมุมให้มีความลาดเอียงเล็กน้อย ที่มุมทั้งสองด้านของความกว้างจะพยายามออกแบบให้ป้องกันแสงไม่ให้ส่องถึงสารละลายได้ ผนังด้านใต้ของภาชนะควรมีรูระบายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว และ มีจุกใช้อุดหรือถอดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ประโยชน์ของการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ต่อการเกษตรไทยในอนาคต

แม้การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ จะยังไม่มีความจำเป็นมากนักในประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากเรายังมีพื้นที่ดินสำหรับทำการเกษตรอย่างเพียงพอ ประกอบกับยังไม่มีระบบที่สมบูรณ์ที่สุดสำหรับสภาพของประเทศไทย ยังจะต้องมีการศึกษาค้นคว้ากันต่อไป แต่ในอนาคตเทคโนโลยีนี้จะเป็นประโยชน์และมีการนำมาใช้กันมากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต่อไปนี้ อ้างอิงจาก ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์ (2534)

11.1 พื้นที่ทำการเกษตรลดลง

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรส่งผลให้เกิดการนำทรัพยากรต่างๆ มาใช้เพื่อการดำรงชีวิตมากขึ้น รวมถึงความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ การขยายตัวของชุมชนเมืองเพื่อตอบสนองการเพิ่มขึ้นของประชากรโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลทำให้ที่ดินมีราคาสูงเกินกว่าจะใช้เพื่อการเกษตรกรรม ดังจะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่เหมาะสำหรับทำการเกษตรบริเวณชานกรุงเทพฯ เช่น บางมด ตลิ่งชัน หนองแขม และปริมณฑล เช่น ปทุมธานี นนทบุรี นครปฐม กำลังลดลงเรื่อยๆ กลายเป็นชุมชนเมืองขึ้นมาแทน นอกจากการขยายตัวของชุมชนเมืองจะทำให้พื้นที่ทำการเกษตรลดลงแล้ว น้ำสำหรับทำการเกษตรก็ถูกจำกัดเนื่องจากต้องนำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคของชาวเมืองก่อน

นอกจากการขยายตัวของชุมชนเมืองแล้ว การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ผ่านมา ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง มีการบุกรุกทำลายป่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกเพื่อนำพื้นที่มาใช้ในการเกษตรเพื่อผลิตอาหาร ดังจะเห็นได้ว่าในระยะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึง พ.ศ. 2536 พื้นที่ป่าของไทยลดลงจาก 94,291,349 ไร่ เหลือเพียง 83,450,625 ไร่ เฉลี่ยแล้วลดลงถึงปีละ 1,084,072 ไร่ ขณะที่ปลูกชดเชยได้เพียงปีละ 1.6 แสนไร่ (สำนักนโยบายและสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539) การตัดไม้ทำลายป่าทำให้สูญเสียสมดุลของระบบนิเวศน์ เกิดความแห้งแล้ง ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล น้ำท่วมฉับพลัน การชะล้างพังทลายของหน้าดิน ดินเสื่อมโทรมขาดความอุดมสมบูรณ์ นอกจากนั้นการบุกรุกป่าเพื่อใช้พื้นที่ทำการเกษตรโดยไม่มีการบำรุงรักษายังทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ การใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานานทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงไปจนไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช พื้นที่เกษตรจำนวนมากเป็นดินมีปัญหา เช่น ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินอินทรีย์ ดินตื้น ดินลูกรัง รวมทั้งที่ลาดชันไม่เหมาะต่อการทำการเกษตร การปรับปรุงพื้นที่มีปัญหาเหล่านี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้เวลานาน การบุกเบิกพื้นที่ว่างเปล่าและพื้นที่ป่ามาขยายเป็นพื้นที่ทำการเกษตรเป็นไปไม่ได้อีกต่อไป

ปัญหาดังที่กล่าวมาทำให้พื้นที่ทำการเกษตรของประเทศลดลง ส่งผลให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำการเกษตรในอนาคต โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมือง ชานเมือง และพื้นที่ที่สูญเสียความเหมาะสมในการทำการเกษตร การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา เพราะเป็นวิธีที่ใช้พื้นที่และใช้น้ำน้อยแต่ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากสามารถปลูกพืชเป็นเชิงพาณิชย์แล้วยังสามารถดัดแปลงเป็นระบบขนาดเล็ก สำหรับปลูกพืชผักสวนครัวหรือไม้ดอกไม้ประดับเป็นงานอดิเรก สำหรับผู้อยู่อาศัยในย่านชุมชนที่มีพื้นที่จำกัด ไม่มีพื้นที่ดินสำหรับปลูกพืชอีกด้วย

11.2 การแข่งขันทางการค้า

ประเทศไทยเป็นแหล่งสำคัญ ในการผลิตอาหารเลี้ยงประชากรทั้งในประเทศและประชากรโลก ในอนาคตการผลิตพืชจะต้องคำนึงถึงคุณภาพมากขึ้น ในการผลิตพืชเกษตรเพื่อบริโภคในประเทศ เนื่องจากนโยบายการปฏิรูปการศึกษา คนไทยจะได้รับการศึกษามากขึ้น ทำให้มีความรู้ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ดีขึ้น นอกจากนั้นการพัฒนาของวิธีการติดต่อสื่อสาร การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่มีการพัฒนาไม่หยุดยั้งทำให้ผู้บริโภคมีความรู้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คำนึงถึงคุณภาพของผลผลิตที่จะบริโภคมากขึ้น

สำหรับการส่งออก ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกสินค้าอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก แต่ที่ผ่านมาปัญหาคุณภาพสินค้าเกษตรเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออก เนื่องจากประเทศผู้นำเข้าเข้มงวดต่อคุณภาพผลผลิต และมักนำไปเป็นข้ออ้างในการกีดกันการนำเข้าอยู่เสมอ ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยๆ คือปัญหาสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้ นอกจากการกีดกันการนำเข้าของประเทศผู้นำเข้าแล้ว การส่งออกสินค้าเกษตรในอนาคตจะต้องประสบกับภาวะการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงขึ้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538) เช่นการส่งออกพืชผักและผลิตภัณฑ์มีคู่แข่งสำคัญ คือ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เวียดนาม และอินโดนีเซีย (ถาวร, 2542) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรไทยในตลาดโลก และสนองความต้องการภายในประเทศ จึงได้มีการจัดทำแนวทางการทำการเกษตรอย่างถูกต้องและเหมาะสม(Good Agricultural Practice, GAP) โดยทำตามคำแนะนำของทางราชการซึ่งจัดทำขึ้นอย่างเหมาะสมให้เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นและภูมิประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำแนะนำนั้นๆ จะต้องเหมาะสมกับชนิดพืช ในขั้นตอนการผลิตพืชซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญนั้น (นวลศรี, มมป.) อาจกำหนดเป็นคำแนะนำที่เป็นหลักการพื้นฐานทั่วไป โดยแยกเป็น 2 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ แนวทางในการปลูกพืช (crop cultivation) และแนวทางในการอารักขาพืช (crop protection)

ดังได้กล่าวแล้วว่าปัญหาคุณภาพผลผลิตส่งออกที่เกิดขึ้นบ่อยๆ คือปัญหาสารเคมีตกค้างในผลผลิต นอกจากเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออกแล้ว ผู้บริโภคในประเทศก็ให้ความสำคัญกับคุณภาพข้อนี้มากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากผู้บริโภคมีความรู้มากขึ้น จึงมีการตื่นตัวในเรื่องสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของสิ่งที่บริโภคมากขึ้น ปัญหาพิษตกค้างของสารเคมีในผลผลิตจึงต้องได้รับการแก้ไขอย่างจริงจัง แนวทางที่เหมาะสมคือจะต้องจัดทำ GAP ขึ้นในแต่ละพืช จะต้องพยายามให้เกษตรกรมีการปฏิบัติตาม GAP ให้ได้ผลอย่างจริงจังทั้งในส่วนของการปลูกพืช และการอารักขาพืช ในด้านการอารักขาพืชนั้น ต้องให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิต โดยควบคุมไม่ให้เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย Codex ซึ่งเป็นค่าสากลที่ยอมรับกันทั่วโลก รวมทั้งองค์การการค้าโลก ในอนาคตผลผลิตที่จะสามารถส่งออกได้โดยไม่มีปัญหาสารพิษตกค้างหรือปัญหาคุณภาพด้านอื่นๆ จะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำภายใต้ GAP เท่านั้น ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรจะต้องอยู่ภายใต้การดูแลและให้คำแนะนำจากทางราชการอย่างใกล้ชิด

12. เงื่อนไขในการผลิตพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เชิงพาณิชย์

การส่งเสริมการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ต้องคำนึงถึงความจำเป็นที่จะต้องใช้การปลูกพืชระบบนี้ ถ้าเป็นการผลิตพืชทั่วไปก็ควรใช้วิธีดั้งเดิมเพราะประเทศไทยยังมีพื้นที่ทำการเกษตรอีกมาก และการปลูกในดินก็ลงทุนต่ำกว่าการปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ แต่ถ้าต้องการผลิตพืชที่มีราคาแพงเพื่อทดแทนการนำเข้าหรือเพื่อการส่งออก ซึ่งจะขายได้ราคาดีกว่าและต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพ การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ก็เป็นทางเลือกหนึ่ง ทั้งนี้จะต้องให้ความรู้แก่เกษตรกรเป็นอย่างดี และควรผ่านการฝึกปฏิบัติจริงในฟาร์มไฮโดรโปนิกส์เชิงพาณิชย์ก่อนที่จะประกอบการเอง ต้องมีตลาดที่แน่นอนรองรับผลผลิต และต้องเป็นตลาดที่ให้ราคาสูงกว่าตลาดผลผลิตทั่วไป จะต้องเลือกผลิตพืชที่มีราคา ตลาดต้องการ และควรผลิตผสมผสานกับการปลูกพืชด้วยวิธีปกติเพื่อลดความเสี่ยง ไม่ควรซื้อระบบสำเร็จรูปจากต่างประเทศมาใช้แต่ควรเลือกระบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อนและใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในพื้นที่ จะเป็นการลดต้นทุนและเงินไม่รั่วไหลออกนอกประเทศ อย่างไรก็ตามยังไม่มีระบบไหนที่สมบูรณ์ที่สุด ต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดในสภาพภูมิอากาศของบ้านเรา นอกจากนี้ผู้ปลูกควรคำนึงถึงการรักษาสภาพแวดล้อมโดยมีแผนกำจัดของเสียและสิ่งเหลือใช้จากระบบด้วย อย่างไรก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามถ้าเกษตรกรหรือผู้สนใจจะปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้า ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้ อ้างอิงจาก ดิเรก ทองอร่าม (2542)

12.1 ต้นทุน-ผลตอบแทน

ข้อจำกัดสำคัญข้อหนึ่งของการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้า คือ ต้นทุนการผลิตสูง โดยเฉพาะการซื้อเทคโนโลยีทั้งระบบมาจากต่างประเทศ ตัวอย่างเช่นระบบ NFT ของบริษัทที่นำเข้าเทคโนโลยีจากออสเตรเลีย ต้นทุนเฉพาะค่าโต๊ะปลูกพืชจำนวน 30 โต๊ะ (พื้นที่ 1,080 ตารางเมตรหรือประมาณ 0.67 ไร่) ค่าโต๊ะอนุบาลกล้าไม้ และค่าระบบเตรียมสารละลายอัตโนมัติและถัง รวม 41,054 ดอลล่าห์สหรัฐอเมริกา หรือคิดเป็นเงินไทยด้วยอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราปัจจุบันเท่ากับ 1,542,160 บาท (อิทธิสุนทร, 2541)

12.2 การตลาด

เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง จึงควรหาตลาดก่อนที่จะลงทุน ไม่ควรผลิตเพื่อเข้าตลาดทั่วไป เพราะผลผลิตจะได้ราคาต่ำ ไม่คุ้มกับการลงทุน และจะไม่สามารถแข่งขันกับผลผลิตที่ปลูกในดินได้ สำหรับตลาดขายผลผลิตจากไฮโดรโปนิกส์ควรเป็นตลาดที่แน่นอนและต้องการผลผลิตสม่ำเสมอ เช่น สายการบิน โรงแรม ภัตตาคาร ซุปเปอร์มาร์เก็ต ตลาดส่งออก ตลาดผักปลอดภัยจากสารพิษ เป็นต้น อย่างไรก็ตามตลาดเหล่านี้เป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม จึงค่อนข้างแคบ ถ้ามีคู่แข่งเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ก็มีโอกาสล้มเหลวได้ ผลผลิตจากการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์อาจทดแทนผลผลิตที่ต้องนำเข้าตามความต้องการของสายการบิน โรงแรม และภัตตาคาร แต่ต้องไม่ลืมว่าผักนำเข้ามีแนวโน้มที่ราคาจะลดลง เนื่องจากนโยบายการค้าเสรี ซึ่งทำให้ภาษีนำเข้าลดลง จึงต้องศึกษาหาเทคนิคต่างๆ ให้สามารถแข่งขันกับผลผลิตนำเข้าได้

12.3 การเลือกชนิดพืชปลูก

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์สามารถปลูกพืชได้แทบทุกชนิด แต่ถ้าจะผลิตเป็นเชิงพาณิชย์จะต้องคำนึงถึง

12.3.1 อายุเก็บเกี่ยว เนื่องจากพืชที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ต้องลงทุนสูงสำหรับค่าสารเคมีที่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหาร ดังนั้นหากเลือกพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ อายุของพืชที่ปลูกควรอยู่ระหว่าง 45-60 วัน

12.3.2 ราคาผลผลิต จะต้องเลือกพืชที่มีราคาสูง เช่น ผักกาดหอมพันธุ์ต่างประเทศ เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง หากเลือกผักที่มีขายทั่วไปในตลาดและราคาต่ำ จะไม่สามารถแข่งขันกับผักที่ปลูกในดินซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่าและมีปริมาณมากว่าได้ ทำให้รายได้จากการขายผลผลิตไม่คุ้มกับการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.3.3 ฤดูปลูก เนื่องจากการปลูกผักด้วยวิธีดั้งเดิมต้องอาศัยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน แสง ทำให้ในบางฤดูซึ่งสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมมีผลผลิตเข้าสู่ตลาดน้อย ต่างจากการปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้โดยใช้โรงเรือนปลูก ตลอดจนควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดปี ดังนั้นการเลือกชนิดพืชที่จะปลูกจึงต้องคำนึงถึงฤดูกาลด้วย เช่นในช่วงฤดูฝนจะมีผักที่ปลูกด้วยวิธีดั้งเดิมออกสู่ตลาดน้อยกว่าในช่วงฤดูหนาว จึงเป็นช่วงที่ควรผลิตพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์

12.4 ความรู้ของเกษตรกร

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ผู้ปลูกจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคที่เลือกใช้บทบาทของธาตุอาหารต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของพืช การคำนวณและการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร การควบคุมค่า pH และ EC ของสารละลาย เป็นอย่างดี จึงต้องมีการศึกษาค้นคว้าและฝึกปฏิบัติก่อนที่จะลงมือดำเนินการ นอกจากนี้ยังต้องสนใจศึกษาค้นคว้าหาประสบการณ์และความรู้ใหม่ๆ อยู่เสมอ

12.5 ผู้บริโภคและผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

ปัจจุบันผู้บริโภคกำลังตื่นตัวในเรื่องสุขภาพอนามัย และความปลอดภัยของอาหารอย่างมาก ผู้บริโภคบางกลุ่มอาจมองว่าพืชที่ผลิตด้วยวิธีนี้ปลอดภัยจากพิษตกค้างของสารเคมีต่างๆ จึงยอมรับผลผลิตที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ขณะเดียวกันอาจมีผู้บริโภคอีกกลุ่มไม่ยอมรับการผลิตพืชโดยวิธีนี้ เนื่องจากมองว่าพืชไม่ได้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ แต่มีการป้อนธาตุอาหารต่างๆ ให้พืชโดยตรงแทนการหาอาหารเองจากดิน จึงจำเป็นต้องให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องแก่บุคคลกลุ่มนี้ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สิ่งเหลือใช้จากการปลูกพืช เช่นน้ำสารละลายธาตุอาหาร และวัสดุปลูก ที่ไม่ใช้แล้ว จะมีวิธีกำจัดอย่างไรไม่ให้เป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

13. การศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์ที่ดำเนินการในภาคตะวันตก ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม โดยภาคเอกชน เพื่อทำการศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากเห็นว่าการขยายตัวของเมืองและชุมชน โดยเฉพาะกรุงเทพฯและปริมณฑล ทำให้พื้นที่ทำการเกษตรลดลง น้ำที่ใช้ในการชลประทานก็มีจำกัด จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้พื้นที่น้อยและใช้น้ำอย่างประหยัด ผลการศึกษาจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราบเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมกับสภาพของประเทศไทย และจะได้พัฒนาวิธีการมาใช้ในการปลูกพืชด้วยวิธีนี้เป็นเชิงพาณิชย์ต่อไป (บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนา จำกัด, 2540) ก่อนดำเนินการได้นำน้ำที่จะใช้ปลูกพืชไปวิเคราะห์ เนื่องจากคุณภาพน้ำเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีนี้ การศึกษาพบว่า เทคนิคที่นำมาศึกษา 5 เทคนิค คือ เทคนิควัสดุปลูก (substrate culture) เทคนิคเป่าอากาศลงน้ำ (liquid culture, non-circulating system) เทคนิคน้ำหมุนเวียน (liquid culture, circulating system) เทคนิคน้ำไหลเป็นชั้นบางๆ ตามความลาดเอียง (NFT) และเทคนิคการฉีดพ่นราก (aeroponics) มีเทคนิคที่มีศักยภาพสามารถนำมาปรับใช้ปลูกพืชเป็นเชิงพาณิชย์ได้ 3 เทคนิค คือ เทคนิควัสดุปลูก เทคนิค NFT และเทคนิคเป่าอากาศลงน้ำ ส่วนการจะเลือกใช้เทคนิคใด ควรพิจารณาถึงความสิ้นเปลืองสารละลายและกระแสไฟฟ้า ตลอดจนการลงทุน ทั้งนี้เทคนิควัสดุปลูกเป็นวิธีที่ง่ายและลงทุนต่ำที่สุด ส่น NFT เป็นเทคนิคที่มีโอกาสดัดแปลงและพัฒนาไปใช้เชิงพาณิชย์ได้ดีเนื่องจากไม่ค่อยมีปัญหารากพืชขาดออกซิเจน แต่ลงทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะถ้าใช้ polyurethane foam (agro-foam) เป็นวัสดุรองรับราก ส่วนเทคนิคเป่าอากาศลงน้ำแม้จะเป็นวิธีที่ปลูกพืชได้ดีแต่ก็มีข้อเสีย คือมักจะเกิดปัญหารากพืชขาดออกซิเจน

ในแง่ความสิ้นเปลืองสารละลาย พบว่าเทคนิคเป่าอากาศลงน้ำสิ้นเปลืองน้อยที่สุด โดยมีเทคนิควัสดุปลูกและเทคนิค NFT สิ้นเปลืองมากขึ้นตามลำดับ แสดงว่าเทคนิคที่สารละลายมีการเคลื่อนที่จะสิ้นเปลืองสารละลายมากกว่าเทคนิคที่สารละลายไม่มีการไหล สำหรับความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าไม่ได้มีการเก็บข้อมูลที่เชื่อถือได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเชื่อว่าสามารถลดความสิ้นเปลืองทั้งสารละลายและกระแสไฟฟ้าได้โดยเลือกปลูกพืชที่มีอายุสั้น (บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนาจำกัด, 2540)

ส่วนการเพาะกล้า พบว่าวัสดุเพาะกล้าที่ใช้ได้ผลดี คือ ฟองน้ำและวัสดุผสม ซึ่งประกอบด้วย ถ่านแกลบ 1 ส่วน ทรายหยาบ 1 ส่วน และขุยมะพร้าว 1 ส่วน อย่างไรก็ตามการใช้ฟองน้ำเพาะกล้า ควรใช้กับพืชที่ย้ายปลูกภายใน 2 สัปดาห์ เพราะถ้าต้นกล้าเจริญเติบโตอยู่บนฟองน้ำนานกว่านี้จะเกิดตะไคร่น้ำ นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้ขุยมะพร้าวอัดแห่งเป็นวัสดุเพาะกล้า พบว่าไม่สามารถใช้ได้ เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงเกินไป รากพืชไม่สามารถชอนไชลงไปได้และยังอุ้มน้ำมาก ทำให้รากพืชขาดออกซิเจน

ในด้านโรงเรือน ได้ทำการศึกษาโรงเรือน 2 รูปแบบ คือ โรงเรือนแบบหลังคาโค้งสองชั้น และ โรงเรือนแบบหลังคาเพิงหมาแหงน โดยโรงเรือนแบบหลังคาโค้งสองชั้นมีโครงสร้างเป็นเสาเหล็ก ความสูง 3 เมตร บุทั้ง 4 ด้านด้วยมุ้งตาข่ายพลาสติกสีขาว ขนาดตาข่าย 20 mesh มีประตู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดปิด 2 ชั้น หลังคามีโครงสร้างเป็นเหล็กโค้งเหลื่อมกัน 2 ชั้น บุด้วยพลาสติกใส หนา 0.15 มิลลิเมตร พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เทคอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร

ส่วนโรงเรือนหลังคาเพิงหมาแหงน มีตัวโรงเรือนสูง 3 เมตร โครงสร้างเป็นเสาเหล็กบุด้วยมุ้งตาข่ายพลาสติกเหมือนโรงเรือนแบบแรก หลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กกลมพาดขวางโรงเรือน บุด้วยพลาสติกใสสีขาวหนา 0.15 มิลลิเมตร มีกันสาดเป็นเหล็กกลมเช่นกัน ประตูและพื้นเป็นแบบเดียวกับโรงเรือนหลังคาโค้งสองชั้น

ผลการศึกษาพบว่าโรงเรือนทั้ง 2 แบบไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนของประเทศไทย เนื่องจากความร้อนสะสมในโรงเรือน ทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกและเป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงควรทำหลังคาแบบปิดเปิดได้ เพื่อช่วยระบายความร้อน นอกจากนั้นไม่ควรใช้พื้นคอนกรีต ซึ่งมีส่วนช่วยในการสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากเรื่องอุณหภูมิแล้ว โรงเรือนทั้ง 2 แบบยังมีข้อเสียในเรื่องแสงที่ส่องผ่านเข้ามาในโรงเรือนได้เพียงร้อยละ 40-45 เนื่องจากมีฝุ่นละอองเกาะหลังคา ทำให้ขุ่นมัว แสงผ่านได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ต้องมีการฉีดน้ำล้างหลังคาและตัวโรงเรือนอยู่เสมอเพื่อล้างฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการวิจัย
(Research Methodologies)

ในการศึกษาการเปรียบเทียบชนิดของสีตาข่ายพรางแสง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียว เป็นการวิจัยโดยการทดลอง (Experiment Research) โดยใช้ตารางบันทึกข้อมูลเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อสรุปตรงตามวัตถุประสงค์ จึงได้มีการกำหนดวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล

เครื่องมือ

โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง

1. องค์ประกอบของโรงเรือน

1.1 โรงเรือนแบบปิดขนาด 14 x 2 เมตร โครงสร้างแข็งแรงทำจากเหล็ก (ภาพที่ 3.1)

1.2 หลังคาโรงเรือนใช้ Acylic ใส เพื่อกันน้ำฝนเข้าโรงเรือน

1.3 ผนังโรงเรือนใช้มุ้งตาข่ายพลาสติกสีขาวขนาด 20 mesh กันแมลงศัตรูพืชและรักษาความชื้นในโรงเรือน

1.4 อุปกรณ์รักษาความชื้นภายในโรงเรือน ประกอบด้วยถังใส่น้ำ 700 ลิตร ปั๊มน้ำขนาด 6.5วัตต์ อุปกรณ์ควบคุมความดัน เครื่องควบคุมเวลา และหัวสเปรย์น้ำแรงดันสูง โดยการให้ความชื้นจะมีการพ่นละอองน้ำโดยหัวสเปรย์ด้านบนสูงจากระบบปลูก 1.5 เมตร อัตราการพ่นละอองน้ำ 30วินาที หยุด 30 นาที (ภาพที่ 3.2 และภาพที่ 3.3)

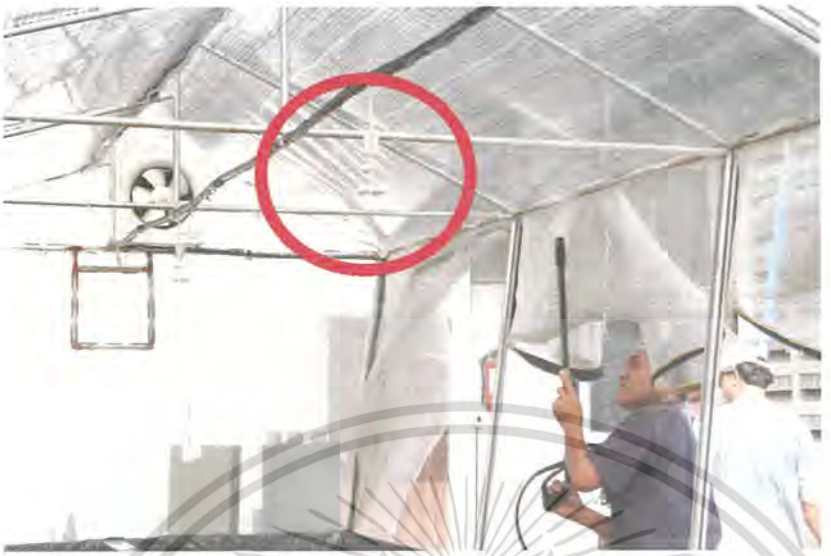
1.5 ติดตั้งตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% สีเขียว 50% ในโรงเรือนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และไม่ติดตั้งตาข่ายพรางแสงในโรงเรือนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 โรงเรือนที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 3.2 อุปกรณ์ควบคุมสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 หัวสเปรย์น้ำใช้แรงดัน

การทดลอง เปรียบเทียบชนิดสีของตาข่ายพรางแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินในระบบ Dynamic Root Float Technique (DRFT)

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1.1 ผักกาดขาวไดโตเกียว จำนวน 600 ต้น ปลูกในฟองน้ำ

1.1.2 ระบบปลูกแบบ Dynamic Root Float Technique (DRFT) จำนวน 12 ถาดปลูก ทำจากโฟมอัดพิเศษ สีขาว เจาะช่องปลูก จำนวน 50 ช่องสำหรับผักกาดขาวไดโตเกียว ระบบปลูกเป็นแบบหมุนเวียนสารละลาย (ภาพที่ 3.4)

1.1.3 ถังใส่สารละลายธาตุอาหารขนาด 700 ลิตร จำนวน 2 ใบ

1.1.4 ปั๊มน้ำที่ใช้ในการดึงสารละลายธาตุอาหารขึ้นรางปลูก 2 ตัว รุ่น AP 1000 ขนาดกำลัง 6.5 วัตต์

1.1.5 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (Waterproof pocket pH Tester) ยี่ห้อ Eutech รุ่น pH Testr 10 เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (EC Meters) ยี่ห้อ Eutech รุ่น EC Testr 11 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Thermo-Hygrometer) รุ่น HH-620 เครื่องวัดความส่องสว่างแสง (Lux Meters) รุ่น JT-06LX และเครื่องวัดความเข้มแสง (PAR Meters)

1.1.6 สารละลายธาตุอาหารสำเร็จรูป ความเข้มข้น 1:200 ชนิดปุ๋ย Aและ B อย่างละ 5 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.7 ตาข่ายพรางแสง 2 สี ได้แก่ สีดำ สีเขียว สำหรับติดหลังคา

ภาพที่ 3.4 ระบบปลูกแบบ DRFT

1.2 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลองโดยใช้ตาข่ายพรางแสงทั้งหมด 3 ทรีทเมนต์ แต่ละทรีทเมนต์มีรายละเอียดดังนี้ คือ

ทรีทเมนต์ การทดลองที่ 1 ประกอบด้วย ตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% ปลูกผักกาดขาวไดโตเกียว

ทรีทเมนต์ การทดลองที่ 2 ประกอบด้วย ตาข่ายพรางแสงสีเขียว 50% ปลูกผักกาดขาวไดโตเกียว

ทรีทเมนต์ การทดลองที่ 3 ประกอบด้วย ไม่ติดตาข่ายพรางแสง ปลูกผักกาดขาวไดโตเกียว

ในแต่ละทรีทเมนต์การทดลองมี 4 ซ้ำ ผักกาดขาวไดโตเกียว ซ้ำละ 600 ต้น ต่อ 1 โรงเรือน

1.3 วิธีการทดลอง

1.3.1 เตรียมระบบปลูก ต่อ 1 โรงเรือน โดยใช้ระบบปลูกโดยไม่ใช้ดินแบบ DRFT ผักกาดขาวไดโตเกียวใช้แผ่นถาดโฟมจำนวน 12 ถาดปลูก แต่ละแผ่นปลูกผักจำนวน 50 ต้น โดยระบบปลูกนี้เป็นแบบหมุนเวียนสารละลาย โดยสารละลายธาตุอาหารจะถูกปั๊มดึงจากถังสารละลายขึ้นไปที่หัวรางและไหลออกทางท้ายรางกลับมาที่ถังสารละลาย โดยจะหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 เตรียมต้นกล้าผัก โดยใช้ต้นกาดขาวไดโตเกียว จำนวน 600 ต้นปลูกในฟองน้ำ นำไปพักฟื้นโดยแช่น้ำเปล่าไม่ใส่สารละลายเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อลดการคายน้ำของผักและปรับตัวจากการขนย้ายต้นกล้าผักมาปลูก

1.3.3 เตรียมสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้สารละลายสำเร็จรูป โดยแต่ละทรีทเมนต์ผสมสารละลายธาตุอาหารใส่ถัง 700 ลิตร และเปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกเดือน สารละลายจะถูกรักษาค่าความเป็นกรดด่าง 5.5-6.5 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อต้นกล้าผัก เพื่อไม่ให้รากของพืชได้รับความเสียหาย

1.3.4 การติดตั้งตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% และสีเขียว 50% ในโรงเรือน 2 โรงเรือน โรงเรือนละสี โดยติดตั้งไว้บนแผ่น Angelic ใส เหมือนโรงเรือนอื่นทั่วไป และอีกโรงเรือนไม่ต้องทำการติดตั้งตาข่ายพรางแสงสีใดๆเลย

1.4 การเก็บข้อมูล

1.4.1 วัดค่าความเป็นกรดด่าง (PH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหารพืชในถังสารละลายทุกสัปดาห์ โดยทำการวัดค่าในทั้งสารละลายทั้งหมดโดยใช้เครื่อง pH มิเตอร์ ในการวัดความเป็นกรดด่าง และใช้เครื่องEC มิเตอร์ ในการวัดค่าการนำไฟฟ้า

1.4.2 วัดความส่องสว่างแสงของแสงที่ส่องเข้ามาภายในโรงเรือน โดยวัดทุกวัน ในทุกทรีทเมนต์การทดลอง โดยใช้เครื่อง LUX มิเตอร์

1.4.3 วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรือนโดยวัดทุกวัน ในทุกทรีทเมนต์การทดลองโดยใช้ Thermo-Hygro มิเตอร์

1.4.4 วัดปริมาณความเข้มแสงที่พืชนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ (PPFD) โดยวัดทุกวันในทุกทรีทเมนต์การทดลองโดยใช้ PAR มิเตอร์

1.4.5 วัดปริมาณการใช้สารละลายธาตุอาหาร โดยการใช้บีกเกอร์วัดตวงสารละลายธาตุอาหาร หน่วยเป็น ซีซี (cc.)

1.4.6 ชั่งน้ำหนักผักสดหลังการทดลอง โดยทำการชั่งน้ำหนักผักรวมทุกต้น ในทุกทรีทเมนต์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

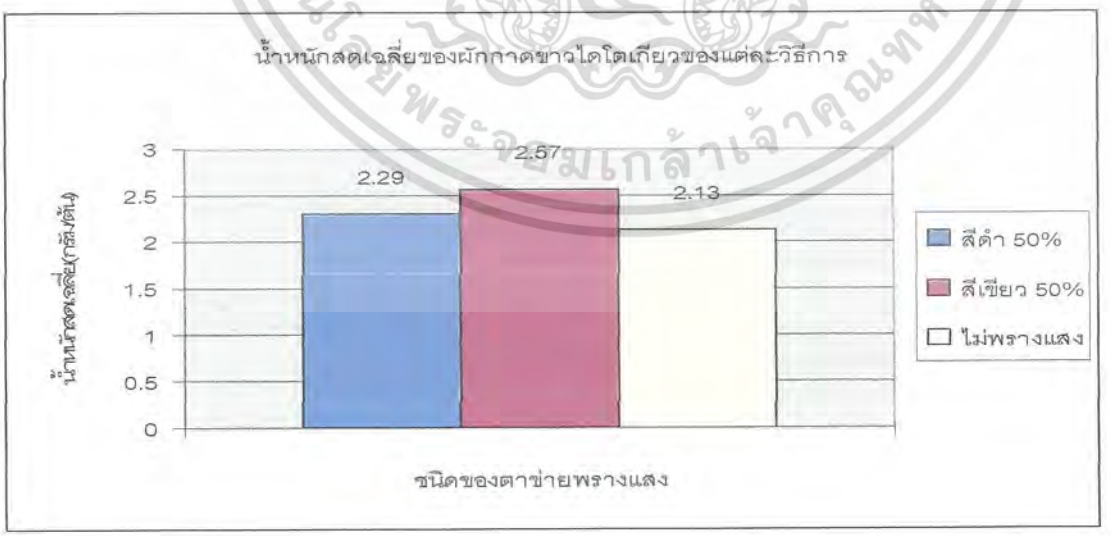
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล
(Findings and Results)

ผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของผักกาดขาวไดโตเกียว ที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% ชนิดสีดำ 50% และไม่พรางแสง ที่ปลูกในระบบ DRFT ได้รับผลการทดลองดังนี้

น้ำหนักสดต่อต้น

ผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% จะมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โดยจะมีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดคือ 2.57 กรัม/ต้น ผักกาดขาวไดโตเกียวที่มีการเจริญเติบโตรองลงมา ได้แก่ ผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% จะมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 2.29 กรัม/ต้น และที่ปลูกโดยไม่มีการพรางแสง จะทำให้ผักกาดขาวไดโตเกียวมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุดโดยจะให้น้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 2.13 กรัม/ต้น

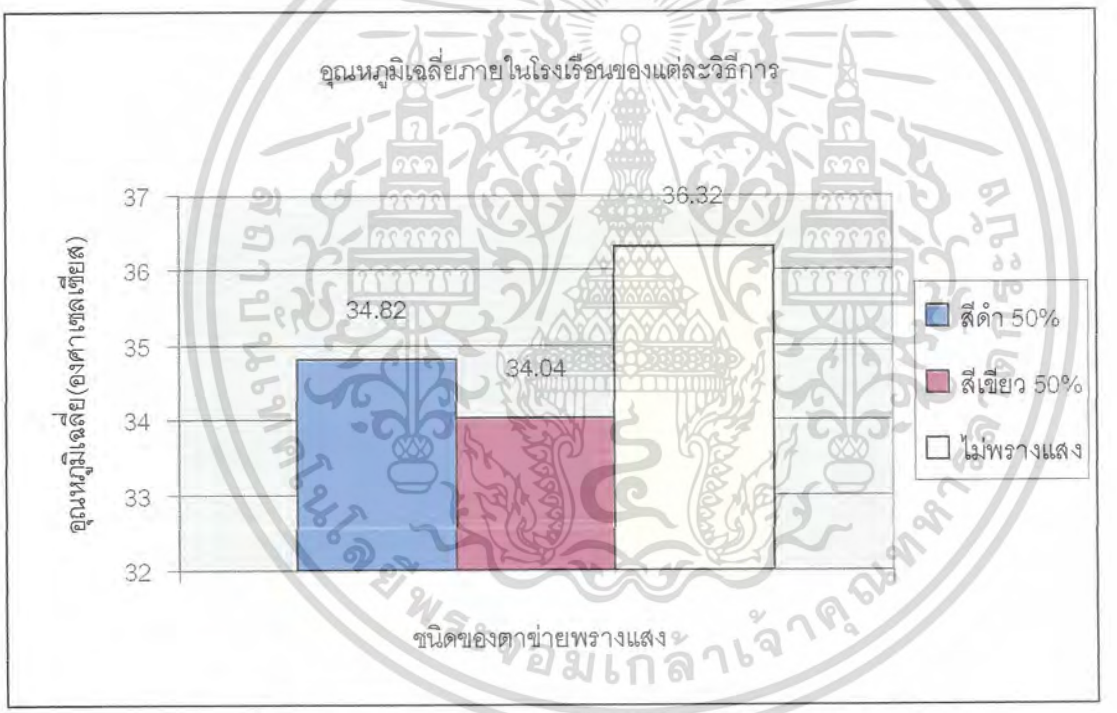


ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกาดขาวไดโตเกียวของแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในโรงเรือน

จากการวัดค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงในระดับต่างๆ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสงมีค่าสูงสุดคือ 36.32 ° C โรงเรือนที่มีค่าอุณหภูมิสูงรองลงมาได้แก่ โรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 34.82 °C และโรงเรือนที่มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ โรงเรือนที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 34.04 ° C

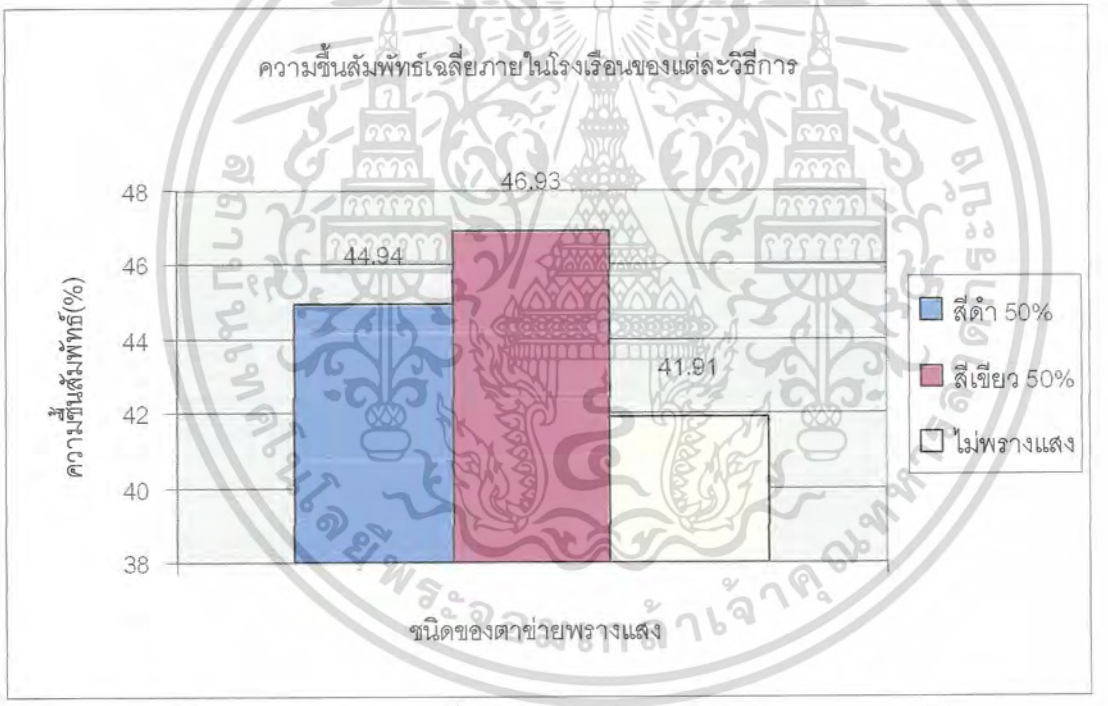


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

จากการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงในระดับต่างๆ พบว่า ความชื้นเฉลี่ยในโรงเรือนที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีค่าสูงสุดคือ 46.93 % โรงเรือนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงรองลงมา ได้แก่ โรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 44.94% และโรงเรือนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด คือ โรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 41.91%

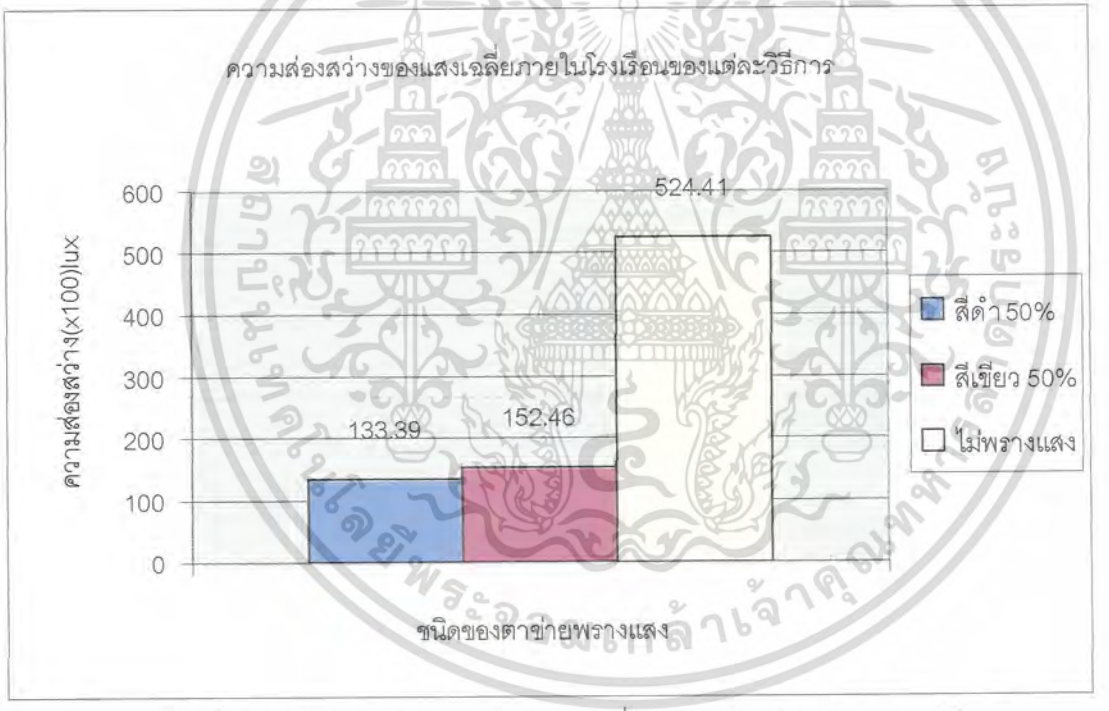


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความส่องสว่างของแสงในโรงเรือน

จากการวัดค่าความส่องสว่างภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงในระดับต่างๆ พบว่า โรงเรือนที่มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยสูงที่สุดคือ โรงเรือนที่ไม่มีการพราง มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 524.41 (x100) lux โรงเรือนที่มีค่าความส่องสว่างรองลงมา ได้แก่ โรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีค่าส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 152.46 (x100) lux และโรงเรือนที่มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ โรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 133.39 (x100) lux

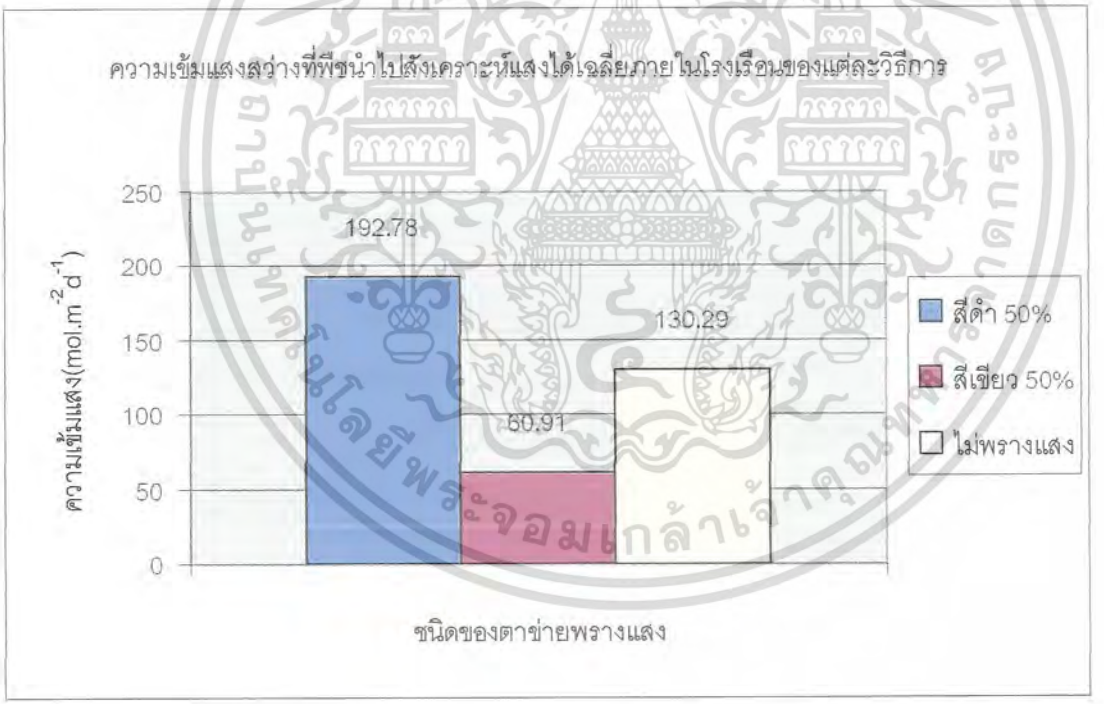


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้

จากการวัดปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ ภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสงในระดับต่างๆ พบว่าปริมาณความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยในโรงเรือนที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% มีค่าสูงสุดคือ 192.78 $Mol.m^{-2}d^{-1}$ โรงเรือนที่มีปริมาณความเข้มแสงสว่างสูงรองลงมา ได้แก่ โรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสง มีปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้เฉลี่ยเท่ากับ 130.29 $Mol.m^{-2}d^{-1}$ และโรงเรือนที่มีปริมาณความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ โรงเรือนที่พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ เฉลี่ยเท่ากับ 60.91 $Mol.m^{-2}d^{-1}$



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยภายในโรงเรือนของแต่ละวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นของผักกาดขาวไดโตเกียว ที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีการพรางแสง พบว่า มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นต่ำสุดและการพรางแสงโดยใช้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% จะมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด ขณะที่กิตติ (2547) ได้ทำการทดลองพรางแสงที่ระดับต่างๆ ให้กับผักที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า การพรางแสงที่ระดับ 80% มีผลทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นของผักมีค่าต่ำที่สุดทั้งก่อนและหลังตัดแต่ง ซึ่งปกติฟาร์มในประเทศไทยส่วนใหญ่ก็จะใช้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียวหรือสีดำในการพรางแสงให้กับโรงเรือน ซึ่งมีราคาถูกแตกต่างกับการใช้ตาข่ายชนิดอลูมิเนตซึ่งมีราคาสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ
(Conclusions and Recommendations)

จากการเปรียบเทียบตาข่ายพรางแสงชนิดต่างๆ 3 ทรีทเมนต์ คือ ทำการพรางแสงโรงเรือนด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% สีเขียว 50% และไม่พรางแสง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียว ที่ปลูกในระบบ DRFT พบว่าการพรางแสงโรงเรือนด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีแนวโน้มจะให้ผลผลิตสูงกว่าการพรางแสงโรงเรือนด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% และโรงเรือนที่ไม่ทำการพรางแสง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกในระบบ DRFT ภายใต้โรงเรือนที่มีระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ทำให้ทราบว่าผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ผักกาดขาวไดโตเกียวที่ปลูกในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ 50% และผักกาดขาวที่ปลูกในโรงเรือนที่ไม่ทำการพรางแสง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกผักกาดขาวไดโตเกียวในโรงเรือนที่มีการพรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผักกาดขาวไดโตเกียวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งเมื่อระดับความเข้มแสงมากหรือน้อยเกินไปก็จะทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดขาวไดโตเกียวลดลงได้

เพื่อให้เกษตรกรที่ทำการปลูกพืชผักในระบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อบริโภคหรือการค้าได้รับผลผลิตที่มากขึ้น ควรปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีเขียว 50% จะทำให้พืชผักมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักสดต่อต้นดีกว่าการปลูกในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงชนิดสีดำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาเอาใจใส่ของผู้ปลูก ชนิดของพืชปลูก สภาพแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ . 2547 . **อิทธิพลของการพรางแสงต่อผลผลิตและปริมาณไนเตรทตกค้างในผลผลิตผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน**. รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา . พระนครศรีอยุธยา

ขนิษฐา พงษ์ปรีชา. การปลูกพืชผักระบบไฮโดรโปนิกส์ สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก กรมวิชาการเกษตร ชลบุรี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.doae.go.th/library/html/detail/hydroponichydro_2.htm (1 ต.ค. 50)

จินดา ศรศรีวิชัย . 2524 . **สรีรวิทยาภาคการเจริญเติบโตและการควบคุม** . เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จินดารัตน์ โพธิมามกะ . 2546 . **การหาปริมาณความต้องการธาตุอาหารของผักบางชนิดจากปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช** . กรุงเทพฯ

ฐิติพันธ์ ขำภู่ . 2542 . **การศึกษาคุณภาพและต้นทุนการผลิตขึ้นฉ่ายและผักสลัด 4 ชนิดภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อมในสารละลายธาตุอาหารพืช**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร-บัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ดิเรก ทองอร่าม . 2542 . "เปิดโลกเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยพื้นฐานความเป็นมา " . **เคหการเกษตร** : 159-164

---------- . 2546 . **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. นนทบุรี : สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

---------- . 2547. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย ไทย**. นนทบุรี : สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534 . **ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ : พรานนกการพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถวิล สุขวงษ์. 2546 . **การปลูกพืชไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ : แม็ค

ทัศนวิไล วัฒนายน. 2541 . การวัดปริมาณแสง อุณหภูมิ และความชื้นในโรงเพาะชำ . **รายงานผลการวิจัย (โครงการรหัส ว-พ 4.41)** . กรุงเทพฯ

ทัศนุพันธุ์ กุศลสถิต และคณะ . "การปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics) เบื้องต้น." **เอกสารการอบรมเชิงปฏิบัติการ**. นครสวรรค์ : ศูนย์วิทยาศาสตร์

นงนุช วงศ์สินชวน .2532. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โปรแกรมเทคนิคการเกษตร วิทยาลัยชุมชน**. ภูเก็ต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นพดล เรียบเลิศหิรัญ . 2538 . **การปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์รั้วเขียว

---------- . 2550 . **การปลูกพืชไร้ดิน** = Soilless culture. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

นิพนธ์ ไชยมงคล "ผักกาดหอม" .[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
http://www.doae.go.th/library/html/detail/lettuce/lettuce01.htm (1 ต.ค. 50)

บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนา จำกัด . 2540 . **รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประสงค์ เมธี และคณะ . 2549. **รายงานการศึกษาวิเคราะห์โครงการผักไฮโดรโปนิกส์**. กรุงเทพฯ

ประสิทธิ์ โนรี " การผลิตผักกาดขาว" 2548 . [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
http://www.it.mju.ac.th/dbresearch/organize/extention/book/book014.html

ปรีดา พากเพียร และคณะ . 2536 .**การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช**. กรุงเทพฯ : คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐาน กองวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร

พันธิตร์ มะลิสุวรรณ. 2548. **คู่มือการเพิ่มผลผลิตชุดการปลูกผักไร้ดิน ผักปลอดสารพิษ 100%**. กรุงเทพฯ : ยูทิไลซ์

พายัพ ยังปักษี . 2543 . **คู่มือการปลูกพืชไร้ดินเชิงพาณิชย์ไฮโดรโปนิกส์** = Hydroponics . สมุทรปราการ : ไฟว์อีดิเตอร์.

มนูญ ศิรินุพงศ์ . 2544 . **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย**. ปัตตานี : คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2541. **การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของผักกาด**. ปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

ยงยุทธ โอสถสภา . 2543 . **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยุทธนา เกียรติธร. 2547 . **ผลของสารละลายธาตุอาหารและระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่**. วิทยานิพนธ์ (วท.ม. (ปฐพีวิทยา)) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

รัตนาวดี ชมโฉม .2549. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ

เลิศฤทธิ์ ทรัพย์เฉลิม.**การศึกษาระบบการผลิตพืชไฮโดรโพนิกส์เชิงการค้าในเขตกรุงเทพมหานคร**.ปัญหาพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

วรรณภา เสนาดี . 2549 . " การพัฒนาเทคนิคเพื่อเพิ่มผลผลิตการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดย—ชมรมปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแห่งประเทศไทย" . **เคหการเกษตร** . 30 (1) : 200-207

---------- . 2550 " โลกของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดย Prof. dr. Hideo Ikeda " . **เคหการเกษตร** . 31 (3) : 170-174

วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2531 . **การประชุมสัมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 6 อนาคตการปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ : สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย

โสระยา ร่วมรังษี.**การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน** = Soilless culture for horticultural crops. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

สมภพ ฐิตะวสันต์ . 2534 . **หลักการผลิตผัก** . กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538 . **แร่ธาตุอาหารพืชสวน**. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท

สุภาพร รัตนะรัตน . 2544. **หลักและวิธีการผลิตผักอนามัย** . กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อานัฐ ตันโช .2548 . **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน** . เชียงใหม่ : Trio Advertising & Media

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544 . **เอกสารวิชาการเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน** . นครราชสีมา : ฝ่ายปรับแปลงและถ่ายทอดเทคโนโลยี เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อารีย์ เสนานันท์สกุล . 2540 . **การคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

อิทธิสุนทร นันทกิจ และคณะ . 2541 . **เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 2** . กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับ วารสารเคหการเกษตร

อิทธิสุนทร นันทกิจ . 2550 . สารละลายธาตุอาหารพืช หัวใจสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน . **เคหการเกษตร** . 31 (เม.ย. 2550):158-161

อุไรวรรณ ถิระผลิกะ " ข้อมูลที่ใช้ประกอบการวางแผนผลิต " 2549. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.hydrowork.net/index.php?option=com_content&task=view&id=134&Itemid=36&PHPSESSID=c34c30ac2e7ad6cf7a9b7408cc1b1b3e

FAO Regional Office for Asia and the Pacific . 2549. **หลักสูตรการฝึกอบรม "การปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน" สำหรับเกษตรกร โดย FAO**. กรุงเทพฯ : FAO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวไดโตเกียว (กรัม/ต้น) ที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

ตาข่ายพรางแสง	ซ้ำที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
สีดำ 50%	2.29	2.42	2.11	2.34	2.29
สีเขียว 50%	2.48	2.68	2.31	2.82	2.57
ไม่พรางแสง	2.09	2.25	2.02	2.17	2.13

Grand Mean = 2.3317

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างน้ำหนักสดต่อต้นของผักกาดขาวไดโตเกียว (กรัม/ต้น) ที่ปลูกภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df.	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	2	0.398	0.199	7.721	0.011*
ภายในกลุ่ม	9	29.283	0.02575		
รวม	11	0.629			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอุณหภูมิ (° C) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

ตาข่ายพรางแสง	ซ้ำที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
สีดำ 50%	35.54	33.42	34.97	35.33	34.82
สีเขียว 50%	34.33	32.37	35.51	33.94	34.04
ไม่พรางแสง	39.40	34.87	33.43	37.56	36.32

Grand Mean = 35.0558

ตารางผนวกที่ 4 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างอุณหภูมิ (° C) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df.	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	2	10.722	5.361	1.648	0.246
ภายในกลุ่ม	9	29.283	3.254		
รวม	11	40.005			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

ตาข่ายพรางแสง	ซ้ำที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
สีดำ 50%	41.30	46.01	47.21	45.22	44.94
สีเขียว 50%	43.68	48.38	48.15	47.51	46.93
ไม่พรางแสง	38.66	43.02	45.85	40.09	41.91

Grand Mean = 44.5917

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df.	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	2	51.108	25.554	3.559	0.073
ภายในกลุ่ม	9	64.617	7.180		
รวม	11	115.725			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แสดงค่าความส่องสว่างของแสง (lux) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

ตาข่ายพรางแสง	ซ้ำที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
สีดำ 50%	143.72	128.87	124.01	136.97	133.39
สีเขียว 50%	153.10	138.84	138.74	179.15	152.46
ไม่พรางแสง	544.37	526.67	511.07	515.54	524.41

Grand Mean = 270.0875

ตารางผนวกที่ 8 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความส่องสว่างของแสง (lux) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df.	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	2	388814.2	194407.091	886.090	0.000*
ภายในกลุ่ม	9	1974.590	219.399		
รวม	11	390788.8			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 แสดงค่าปริมาณความเข้มแสงที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ ($Mol.m^{-2}d^{-1}$) ภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

ตาข่ายพรางแสง	ซ้ำที่				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
สีดำ 50%	190.08	191.60	193.69	195.75	192.78
สีเขียว 50%	72.87	54.25	62.69	53.83	60.91
ไม่พรางแสง	108.90	119.61	131.13	161.50	130.29

Grand Mean = 127.9917

ตารางผนวกที่ 10 แสดงค่าสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณความเข้มแสงสว่างที่พืชนำไปสังเคราะห์แสงได้ ($Mol.m^{-2}d^{-1}$) ในโรงเรือนภายใต้ตาข่ายพรางแสงระดับต่างๆ

แหล่งความแปรปรวน	df.	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม	2	34810.95	17405.475	86.768	0.000*
ภายในกลุ่ม	9	1805.388	200.599		
รวม	11	36616.34			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาข่ายพรางแสงสีเขียว 50%

ตาข่ายพรางแสงสีดำ 50%

ไม่ติดตั้งตาข่ายพรางแสง

ภาพผนวกที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวเมื่ออายุ 1 สัปดาห์

ตาข่ายพรางแสงสีเขียว 50%

ตาข่ายพรางแสงสีดำ 50%

ไม่ติดตั้งตาข่ายพรางแสง

ภาพผนวกที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวเมื่ออายุ 3 สัปดาห์

ตาข่ายพรางแสงสีเขียว 50%

ตาข่ายพรางแสงสีดำ 50%

ไม่ติดตั้งตาข่ายพรางแสง

ภาพผนวกที่ 3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดไดโตเกียวก่อนเก็บเกี่ยว